



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
SANITARIO DE LA URBANIZACION MONTEBELO DE LA CIUDAD DE
CHINANDEGA**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. César Omar Hernández Macareño

Br. Henry Francisco Zeledón D' Trinidad

Tutor

Ing. Byron Antonio Silva Rocha

Managua, Octubre 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.0107
Managua, Septiembre 26 del 2016

Bachilleres
CESAR OMAR HERNÁNDEZ MACAREÑO
HENRY FRANCISCO ZELEDÓN D' TRINIDAD
Su atención

Estimados Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA URBANIZACIÓN MONTE BELLO DE LA CIUDAD DE CHINANDEGA"**. Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que el **Ing. Byron Silva Rocha** Sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el **27 de Marzo del 2017**.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano



CC: Protocolo
Tutor
Archivo*Consecutivo
IJGG*Dara



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC.FTC.REF No. 045
Managua, 28 Marzo del 2017.

Bachilleres
CESAR OMAR HERNÁNDEZ MACAREÑO
HENRY FRANCISCO ZELEDÓN D'TRINIDAD
Presentes

Estimados Bachilleres:

En atención a su carta de solicitud de **PRORROGA (DE 3 MESES)**, para efectuar la pre - defensa de su trabajo De **Monografía** titulado "**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA URBANIZACIÓN MONTE BELLO DE LA CIUDAD DE CHINANDEGA**". Esta Decanatura aprueba la misma considerando los problemas planteados en su comunicación.

Deberá presentar concluido su documento debidamente revisado por el tutor guía **el 28 de Junio del 2017**. Para la programación de su fecha de pre - defensa.

Esperando de ustedes puntualidad en la entrega de su trabajo final, me despido.

Atentamente,

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano



CC: Tutor
Archivo-Consecutivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC.FTC.REF No. 086
Managua, 06 Julio del 2017.

Bachilleres
CÉSAR OMAR HERNÁNDEZ MACAREÑO
HENRY FRANCISCO ZELEDÓN D" TRINIDAD
Presentes

Estimados Bachilleres:

En atención a su carta de solicitud de **PRORROGA (DE 3 MESES)**, para efectuar la pre - defensa de su trabajo De **Monografía** titulado "**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA URBANIZACIÓN MONTE BELLO DE LA CIUDAD DE CHINANDEGA**". Esta Decanatura aprueba la misma considerando los problemas planteados en su comunicación.

Deberá presentar concluido su documento debidamente revisado por el tutor guía **el 06 de Octubre del 2017**. Para la programación de su fecha de pre - defensa.

Esperando de ustedes puntualidad en la entrega de su trabajo final, me despido.

Atentamente,


Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano



CC: Tutor
Archivo-Consecutivo

Jueves, 24 de Agosto de 2017

Ref: BSR 03 – 08 – 2016

Dr. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano
Facultad de Tecnología de la Construcción
Universidad Nacional de Ingeniería - UNI
Su Despacho

Estimado Dr. Gutiérrez:

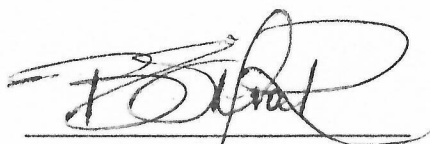
Aprovecho la ocasión y de manera muy cordial para saludarle, siempre deseándole éxitos en sus funciones.

Es de mi agrado informarle que el tema monográfico titulado **“Diseño del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de la Urbanización Monte Bello de la ciudad de Chinandega”**, elaborado por los Bachilleres: César Omar Hernández Macareño y Henry Francisco Zeledón D'Trinidad; ha sido revisado totalmente por mi parte y cumple con los requisitos para que sea evaluado por un jurado que usted designe, siguiendo con los procedimientos para optar a Título de Ingeniero Civil de las personas mencionadas.

Estamos a la orden para abordar mayores detalles y agradeciendo su atención.

Sin otro motivo, le saludo

Fraternalmente,



Ing. Byron Silva Rocha
Departamento de Estructuras – UNI / FTC

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, le doy gracias a Dios por brindarme la vida y salud para cumplir con todo este proceso universitario, por siempre cuidarme de todo lo malo y bendecirme en todo momento para seguir adelante. (Todo lo puedo en Cristo que me fortalece).

A mis padres por su apoyo incondicional en todos los momentos, por criarme con buenos valores para yo aplicarlos con todos los demás, por confiar en todo momento en mi persona, corrigiéndome cuando es necesario, siempre deseándome lo mejor para que sea un profesional y sobre todo una persona de bien.

A mi esposa por ser mi pilar en todo momento y ocasión, en las buenas y las malas situaciones. Por creer y confiar en mí siempre y motivarme a ser cada día mejor. Corrigiéndome y aconsejándome con lo malo y animándome a seguir así con lo bueno. Por tener paciencia conmigo y compartir sus conocimientos sin esperar nada a cambio.

A mi hermano mayor que me apoyo en todo momento, aclarando todas mis dudas de lo que fuese que le preguntara, y quien siempre me aconsejaba a seguir siempre de hacia adelante.

A la universidad y a todo su equipo de docentes y administración, especialmente a nuestro tutor Byron Silva por ser el guía de este último paso para la obtención del título. También le agradezco a todas y cada una de las personas que formaron parte de todo este proceso ya sea para cosas buenas o malas, porque de todo se aprende.

César Omar Hernández Macareño

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la vida, a Dios, que nos da la fuerza y sabiduría necesaria para afrontar los retos que nos pone en el camino, así como las personas con la cuales libraremos nuestras batallas.

A mis padres, ustedes que desde pequeño me han motivado a seguir adelante, que han hecho todo para que alcance mis sueños, que en la idea más loca que tenga siempre me van a apoyar, por toda la educación que me han brindado a lo largo de mi vida, sin ustedes no sería quien soy, son los pilares de mi vida. Gracias por todo, los amo.

A la universidad y todo su respetable personal por permitirnos educarnos, por formarnos como profesionales y darnos las herramientas necesarias para forjar un mejor futuro para nuestro país. Agradecimiento especial a nuestro tutor Ing. Byron Silva Rocha por ayudarnos en esta complicada labor, en nuestro último peldaño para obtener el título.

A Vanessa González, que desde un inicio has experimentado la elaboración de este documento. Sin tus palabras de apoyo, tu ayuda, tu confianza en mí, tus palabras de aliento y tus felicitaciones, no sería lo mismo. Gracias por todo lo que aportas a mi vida y de antemano por todo lo que vendrá.

A mis familiares, amigos, compañeros de clase y a las personas con las que he convivido en el ámbito laboral, ustedes que han visto este proceso de formación, que han ayudado en las dificultades y que de una u otra manera han contribuido a lograr este anhelo.

Muchas gracias.

Henry Francisco Zeledón D' Trinidad

TABLA DE CONTENIDO

I.	GENERALIDADES	1
1.1.	INTRODUCCIÓN	1
1.2.	ANTECEDENTES	4
1.3.	JUSTIFICACIÓN	6
1.4.	OBJETIVOS	7
1.4.1.	Objetivo general	7
1.4.2.	Objetivos específicos	7
1.5.	INFORMACIÓN GENERAL DEL SITIO	8
1.5.1.	Reseña Histórica	8
1.5.2.	Población	9
1.5.3.	Economía	9
1.5.4.	Urbanismo	10
1.5.5.	Educación	11
1.5.6.	La Urbanización	12
II.	MARCO TEÓRICO	13
2.1.	Criterios técnicos de diseño	13
2.1.2.	Fundamentos de Hidrogeología	16
2.1.3.	Acuíferos	18
2.1.4.	Agua potable	24
2.1.5.	Alcantarillado sanitario y aguas residuales	44
III.	DISEÑO METODOLÓGICO	52
3.1.	Periodo de diseño	52
3.2.	Estudios básicos	52
3.2.1.	Topografía	52

3.2.2. Sondeos geotécnicos -----	52
3.2.3. Análisis de calidad del agua -----	52
3.2.4. Cálculo de la población -----	53
3.3. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA ZONA -----	53
3.3.1. Síntesis Local -----	53
3.3.2. Caracterización climatológica de la zona de influencia. -----	55
3.3.3. Geología característica del acuífero de occidente. -----	57
3.3.4. Lito-Estratigrafía de las Rocas Terciarias y Cuaternarias -----	57
3.3.5. Rocas Terciarias del Mioceno -----	59
3.3.6. Rocas Terciaria-Cuaternarias - Plio-Pleistoceno -----	61
3.3.7. Geología estructural -----	64
3.3.8. Caracterización hidrológica de la cuenca 64 -----	66
3.3.9. Medio hidrogeológico -----	67
3.3.10. Composición del acuífero -----	69
3.3.11. Características Hidrodinámicas -----	70
3.3.12. Calculo del Radio de influencia -----	71
3.3.13. Evaluación de la Información Hidroquímica -----	72
3.4. Agua potable -----	79
3.4.1. Fuente de abastecimiento -----	79
3.4.2. Dotación, consumo y demanda de agua -----	79
3.4.3. Almacenamiento -----	79
3.4.4. Línea de conducción y red de distribución -----	79
3.4.5. Nivel de servicio -----	80
3.4.6. Cobertura y localización de las tuberías -----	80
3.4.7. Golpe de Ariete -----	80

3.4.8. Estación de bombeo -----	82
3.5. Alcantarillado sanitario-----	82
3.5.1. Cálculo de los caudales-----	82
3.5.2. Cálculo hidráulico-----	83
3.5.3. Destino de aguas residuales -----	84
3.6. Operación y mantenimiento del proyecto. -----	84
IV. CÁLCULOS -----	85
4.1. Agua potable -----	85
4.1.2. SIMULACIONES DE EPANET -----	95
4.2. Alcantarillado Sanitario-----	101
4.3. Presupuesto -----	106
4.3.1. Estimación de Costos de Materiales.-----	106
4.4. Evaluación de impacto ambiental -----	110
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES-----	127
5.1 Conclusiones-----	127
5.2 Recomendaciones-----	128
VI. Bibliografía-----	129

Índice de tablas

Tabla 1. Indicadores económicos- INIDE 2005	10
Tabla 2. Ademes mínimos para pozos según el caudal. Fuente: INAA.....	28
Tabla 3. Clasificación de sólidos totales, fuente: es.slideshare.net.....	45
Tabla 4. Índice de crecimiento poblacional	53
Tabla 5. Formaciones geológicas presentes en el área de estudio.....	58
Tabla 6. Composición litológica de la formación tamarindo.	60
Tabla 7. Composición litológica de la formación las sierras.	62
Tabla 8. Características físicas de las cuencas en estudio	67
Tabla 9. Resultados de los análisis físico-químicos de los pozos próximos al futuro campo de pozos de Chinandega.....	76
Tabla 10. Análisis del contenido de arsénico y metales pesados de los pozos existentes de Enacal	78
Tabla 11. Resultados de los análisis de metales pesados de los pozos próximos al futuro campo de pozos de Chinandega.....	78
Tabla 12. Consumos de agua potable. Elaboración: propia.....	85
Tabla 13. Características del equipo de bombeo. Elaboración: propia.	86
Tabla 14. Radio de Influencia. Elaboración: propia.	87
Tabla 15. Selección del diámetro económico. Elaboración: propia	91
Tabla 16. Comparación de costos según diámetros. Elaboración: propia.....	93
Tabla 17. Cantidad de cloro administrado. Elaboración: propia.	94
Tabla 18. Calculo de caudales. Elaboración: propia.	102
Tabla 19. Aforos del PVS-E. Fuente: urbanizador.....	103
Tabla 20. Tubería PVC para AP. Elaboración: Propia.....	106
Tabla 21. Accesorios para la tubería de Agua Potable. Elaboración: Propia.	107
Tabla 22. Accesorios de la Sarta. Elaboración: Propia.	108
Tabla 23. Tanque y sus accesorios (HF). Elaboración: Propia.....	108
Tabla 24. Tanque y sus accesorios (HG). Elaboración: Propia.....	108
Tabla 25. Tubería PVC para AS y PVS. Elaboración: Propia.....	108
Tabla 26. Actividades en la etapa de ejecución. Elaboración: Propia.	109
Tabla 27. Signo del impacto. Elaboración: Propia.....	114

Tabla 28. Intensidad del impacto. Elaboración: Propia.	115
Tabla 29. Extensión del impacto. Elaboración: Propia.	115
Tabla 30. Extensión del impacto. Elaboración: Propia.	115
Tabla 31. Momento del impacto. Elaboración: Propia.	116
Tabla 32. Persistencia del impacto. Elaboración: Propia.	116
Tabla 33. Reversibilidad del impacto. Elaboración: Propia.	117
Tabla 34. Medidas correctoras del impacto. Elaboración: Propia.....	117
Tabla 35. Impactos negativos de la obra en fase de construcción (#1). Elaboración: Propia.....	119
Tabla 36. Impactos negativos de la obra en fase de construcción (#2). Elaboración: Propia.....	120
Tabla 37. Impactos negativos de la obra en fase de construcción (#3). Elaboración: Propia.....	121
Tabla 38. Impactos negativos de la obra en fase de construcción (#4). Elaboración: Propia.....	122
Tabla 39. Impacto negativo generado en fase operacional. Elaboración: propia.	123
Tabla 40. Impacto positivo generado en fase operacional. Elaboración: propia.	124
Tabla 41. Impacto ambiental en la fase de construcción. Elaboración: propia. ...	125
Tabla 42. Impacto ambiental en la fase operacional. Elaboración: propia.	126

Índice de figuras

Figura 1. Macro y micro-localización. Elaboración propia	12
Figura 2. Modelo único de vivienda. Elaboración: Propia.....	12
Figura 3. Descripción de un acuífero, fuente: propia.....	19
Figura 4. Tipos de acuíferos, fuente: http://lan.inec.org	22
Figura 5. Propiedades hidráulicas de los pozos. Fuente: google imágenes.....	27
Figura 6. Carga total dinámica. Fuente: UNAM.....	38
Figura 7. Precipitación media anual cuenca 64. Fuente: INETER.....	56
Figura 8. Golpe de ariete. Elaboración: propia.....	88
Figura 9. Curva característica del equipo de bombeo. Fuente: fabricante.	90
Figura 10. Demanda máxima. Elaboración: propia.	95
Figura 11. Red nudos con demanda máxima. Elaboración: propia.	
Figura 12. Red de líneas con demanda máxima. Elaboración: propia.	96
Figura 13. Demanda promedio+hidrante. Elaboración: propia.....	97
Figura 14. Red de nudos demanda promedio+hidrante. Elaboración: propia.	
Figura 15. Red de líneas demanda promedio+hidrante. Elaboración: propia.....	98
Figura 16. Demanda nula. Elaboración: propia.	99
Figura 17. Red de nudos con demanda nula. Elaboración: propia.	
Figura 18. Red de líneas con demanda nula. Elaboración: propia.	100
Figura 19. Criterios de diseño. Elaboración: propia.....	101
Figura 20. Simulación Tirante Normal. Fuente: Elaboración propia	104
Figura 21. Simulación Tirante Crítico. Fuente: Elaboración propia	104
Figura 22. Diseño alcantarillado sanitario. Elaboración: propia.....	105

ACRONIMOS Y ABREVIATURAS

CAPRE: Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana.

ENACAL: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados.

INAA: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados.

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales.

INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo.

INVUR: Instituto Nicaragüense de la Vivienda Urbana y Rural.

MAGFOR: Ministerio Agropecuario y Forestal.

NTON: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense.

NU: Naciones Unidas.

SINAPRED: Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

I. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

Nicaragua cuenta con la capacidad suficiente en recursos hídricos para satisfacer la demanda actual y futura, sean estas de desarrollo industrial, doméstico y recreativo.

Debido al déficit en la oferta de aguas superficiales y la deforestación extensiva que han sufrido las cuencas en los últimos años, se ha incrementado significativamente la explotación de las aguas subterráneas, para diferentes usos.

El municipio de Chinandega, es el más importante del departamento que lleva su nombre, se encuentra ubicada a 134 km de la ciudad de Managua, capital de la república.

Chinandega posee una extensión territorial de 686.61 km² y una población de 121,193 habitantes. Las principales actividades económicas del municipio son la agricultura, industria, servicios, comercio, y ganadería.

Ante la falta de Plan regulador de Desarrollo Urbano, el crecimiento habitacional de las últimas décadas discontinuo el patrón urbano original y la ocupación de terrenos apropiados para el uso habitacional se realizó de manera espontánea y desordenada, generando núcleos poblacionales fragmentados con forma y trazado urbanístico muy irregulares alrededor de todo el casco urbano central.¹

Chinandega cuenta con servicio público de agua potable y su administración está a cargo de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, ENACAL. Según datos suministrados por esta misma empresa hasta el presente año 2017, 21720 viviendas de la cabecera municipal son abastecidas por el servicio de agua. También cuenta con un sistema de recolección aguas negras con aproximadamente 11000 conexiones, cuyas aguas drenan al río Acome. Cerca del 4% de las viviendas del municipio no cuenta con ningún sistema de saneamiento.

¹ INIDE. (2005). CARACTERIZACION SOCIO DEMOGRAFICA DE CHINANDEGA.

La idea del proyecto Urbanización Monte Bellos surge a partir del problema de déficit habitacional que tiene actualmente el municipio de Chinandega. Esto debido al crecimiento económico por el que atraviesa la ciudad, lo cual produce un aumento en la población migrante ya sea de la parte rural de la ciudad o de otras ciudades del país hacia el casco urbano, que llegan en busca de mejores oportunidades de trabajo o negocio, lo cual lleva al límite de sus capacidades a los sistemas de infraestructuras y satura a los equipamientos públicos de la ciudad.

En esta área se constituye un sector de crecimiento de la ciudad ya que se observan viviendas con muchos años de existencia y nuevos repartos. Este sector está incluido dentro del plan de desarrollo urbano de la municipalidad como un sector de futuro desarrollo. El terreno donde se proyecta la construcción anteriormente eran terrenos utilizados para la Agricultura que hace más de 15 años que no se utilizan para este fin.

El objetivo de la urbanizadora es brindarles la oportunidad a las personas con salarios medios (C\$12000 a C\$16000) que son la mayoría de población económicamente activa de la ciudad, a obtener su propia casa, es por esto que se construirán viviendas de carácter social, en donde el estado por medio del (INVUR) subsidiara una parte del costo total de la vivienda siempre y cuando las personas cumplan con todos los requisitos establecidos.

El proyecto de la Urbanización Monte Bello consta de 370 lotes con un área promedio de 160m², cada lote cuenta con una índice ocupación de 6 personas/lote.

Las viviendas se emplazarán en lotes de 10m*16m con el sistema constructivo de mampostería reforzada en base a un único modelo, que posee 2 habitaciones, un servicio sanitario de uso compartido, un espacio de uso múltiple (sala, comedor, cocina), área de lavado, patio, estacionamiento y linderos, y que ofrece la posibilidad de futuras ampliaciones según requiera la familia.

Además, contarán con todos los servicios básicos, acceso principal al proyecto y calles internas revistadas, andenes y áreas verdes. Todo se llevará a cabo cumpliendo con todas las normas y especificaciones establecidas por las diferentes instituciones reguladoras del país.

El objeto de este documento consiste en el diseño de los sistemas de abastecimiento de agua potable y evacuación de las aguas residuales de la Urbanización

1.2. ANTECEDENTES

El servicio de abastecimiento de agua es brindado a la población del casco urbano de Chinandega por un acueducto principal que atiende al 94% de la población servida por (ENACAL) y un acueducto independiente que atiende al restante 6%, también operado por ENACAL y en conjunto cubren el 91% del casco urbano. En la ciudad también operan 3 acueductos privados de pequeñas dimensiones los cuales atienden a repartos periféricos.²(Ferrufino, 2017)

El servicio que se brinda a la población es deficitario en cuanto a calidad y continuidad del servicio en amplios sectores de la ciudad. Los problemas radican principalmente en: el déficit de oferta de agua en los pozos utilizados, problemas hidráulicos que se derivan de la geometría de la red de distribución y el elevado índice de agua no facturada.

Aproximadamente el 32% de la red de distribución del sistema principal corresponde a tubería de asbesto cemento, cuyos diámetros varían desde 3” hasta 16”, con más de 30 años de funcionamiento, lo que provoca fugas y roturas con mucha frecuencia que demandan reparaciones importantes que obligan a suspender el servicio en grandes sectores de la ciudad.³

En la parte alta de la ciudad se presentan bajas presiones debido a las cotas de los tanques de almacenamiento de la red principal y por la limitada producción de las fuentes.

El sistema de acueducto administrado por ENACAL Chinandega comprende seis pozos con sus respectivas estaciones de bombeo y cuatro tanques de almacenamiento que están integrados en una red de 119.41 km de tuberías, consta de aproximadamente 21720 conexiones activas y 31 puestos públicos.

El esquema operativo de este acueducto es de tipo mixto, una parte opera como Fuente-Tanque-Red (Pozos y Tanques La Mora y Las Pilas) y la otra como Fuente-Red (Pozos Los Ángeles y El Calvario). Los pozos La Mora y Las Pilas

² Datos facilitados por la responsable de ENACAL a nivel departamental. Emigdia Ferrufino. (2017)

³ INIDE. (2008). Chinandega en cifras.

bombear en conjunto aproximadamente 2584 GPM hacia las estructuras de almacenamiento cuya capacidad de almacenamiento conjunta es de 2.4 millones de galones. Los pozos Los Ángeles (1600 GPM) y El Calvario (1497 GPM) inyectan directamente sus caudales a la red de distribución.

El acueducto independiente ubicado al noreste de la ciudad, atiende aproximadamente 1059 conexiones. Hasta inicios de los años 80's este acueducto funciono como un sistema privado, luego fue asumido por ENACAL, pero siempre manteniendo su independencia del acueducto principal. Funciona bajo el sistema Fuente-Red. Los pozos El Jirón (206 GPM) y 12 de septiembre (182 GPM) inyectan directamente el caudal a la red de distribución.

Anteriormente Chinandega no contaba con un proyecto urbanístico que les diera solución a los problemas habitacionales existentes en la ciudad y que a su misma vez estuviese al alcance económico de una gran parte de la población, siempre brindando con eficacia los servicios básicos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Debido al crecimiento poblacional de los últimos años en el país, se presenta la necesidad de crear nuevas urbanizaciones para satisfacer la demanda habitacional existente. De ahí surge el proyecto de urbanización Monte Bello en la ciudad de Chinandega.

En las nuevas urbanizaciones se debe procurar que los habitantes que adquieran sus casas tengan acceso permanente al servicio de agua potable para así poder realizar las actividades básicas en el hogar que incluyen el uso del vital líquido, y así mismo este servicio brindado sea de buena calidad y siempre este abasteciendo a la población.

También se debe diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para procurar la correcta evacuación de aguas residuales y su traslado hacia el tratamiento que estas requieren, a fin de evitar contaminación y la proliferación de enfermedades en la comunidad.

El propósito de este trabajo es desarrollar un sistema hidrosanitario en la urbanización Monte Bello, de tal manera que se aprovechen al máximo y de manera correcta los recursos disponibles para satisfacer las necesidades de las personas que harán uso de las instalaciones futuras. Esto siempre siendo amigable con el medio ambiente y cumpliendo con las normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua, así como también las guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de agua residuales, establecidas en nuestro país para llevar a cabo dicha obra.

La empresa ENACAL no cuenta con los recursos para abastecer y satisfacer las necesidades hídricas de la urbanización Monte Bello, es por esto que se diseñará y construirá un sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario propio.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario de la urbanización Monte Bello, ubicada en el departamento de Chinandega.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Valorar la viabilidad de los sistemas a instalarse en función de la población a beneficiar.
2. Efectuar levantamiento topográfico para el trazo y diseño hidráulico de la red de agua potable y alcantarillado sanitario.
3. Calcular caudales totales de ambas redes para dimensionar cada uno de los elementos de los sistemas en diseño.
4. Realizar el análisis hidráulico de las redes de agua potable y alcantarillado sanitario propuestas para verificar el cumplimiento de las normas correspondientes.
5. Elaborar planos de ambas redes que brinden los detalles constructivos para su ejecución.
6. Presentar los criterios de operación y mantenimiento de ambos sistemas, que permitirán tener una buena administración de ellos.
7. Desarrollar una evaluación de impacto ambiental para determinar las medidas de mitigación y/o compensaciones necesarias.

1.5. INFORMACIÓN GENERAL DEL SITIO

El municipio de Chinandega es la cabecera departamental de Chinandega, fundado en 1839 y posee una extensión territorial de 686.61 Km². Está ubicado entre las coordenadas 12°37' latitud norte y 87°07' longitud oeste, extendiéndose sobre una planicie sin elevaciones montañosas, regadas por el río Acome que nace en las inmediaciones de la ciudad y la cruza por el norte, rodeándola por el occidente. La altitud sobre el nivel del mar es de 70.42 msnm. La cabecera departamental se encuentra a 134 kms de la capital del país.

Limita al norte con los municipios de Somotillo y Villanueva, al sur con los municipios de Chichigalpa, El Realejo y Posoltega, al este con los municipios de Villanueva y Télica y al oeste con los municipios de El Viejo y Puerto Morazán

1.5.1. Reseña Histórica

El primer registro de Chinandega como asentamiento urbano data de una ley del 30 de marzo de 1835 que mando a establecer una feria los ocho de diciembre de cada año. El 15 de marzo de 1836 la Asamblea constituyente le confirió a Chinandega el título de Villa. El 2 de septiembre de 1839 se le otorgo el título de ciudad y por decreto legislativo de la Confederación Centroamericana emitido el 17 de Julio de 1842 fue designada como capital de la confederación, en 1858 se desmembró de la provincia de occidente para ser declarada departamento.

El nombre de Chinandega posee varias interpretaciones, entre ellas podemos mencionar Chinantecal, de origen náhuatl que significa “vecino de Chinantlán” y esta a su vez “Chinan” (bajareque provisional de habitación) y de “Tlan” que es una partícula indicativa de lugar. Se puede interpretar el nombre de Chinandega entonces como “Lugar de enramadas” o “Habitaciones provisionales”

Durante la colonia española fue una pequeña ciudad, sin embargo, por su ubicación en tierras fértiles y sitio de tráfico comercial, estas condiciones mejoraron paulatinamente.

Chinandega posee aun ciertas edificaciones coloniales, pero no con el mismo esplendor de otras ciudades coloniales (León y Granada). Producto de un

violento temblor en abril de 1898, atribuido a convulsiones internas del volcán San Cristóbal y además que muchas de estas edificaciones fueron dañadas durante de 1926 producto de la guerra constitucionalista destruyendo más de la mitad de la ciudad.

1.5.2. Población

Chinandega cuenta con una población proyectada para el año 2016 de 133,792 habitantes, con una población que vive en la urbe de 93,981 habitantes (70.24%) en contraste con los siete sectores rurales que constituyen un total de 39,811 habitantes que representan el 29.76% del total de la población, lo que indica que Chinandega es un municipio mayoritariamente urbano.⁴

Esto a causa del fuerte crecimiento relacionado a la migración interna desde las comarcas rurales que, atraídas por proyectos habitacionales, un mejor acceso a servicios básicos y mayores oportunidades de trabajo deciden mudarse, compensando la reducción de la tasa de crecimiento natural sostenida por la población de la ciudad.⁵

1.5.3. Economía

Las principales actividades económicas, de manera histórica, ha sido la producción agroindustrial vinculada al cultivo de la caña de azúcar y el algodón.

En la actualidad han desaparecido los cultivos de algodón, por tanto, el cultivo de la caña para la producción de azúcar y ron, se convierte en uno de los ejes económicos más importantes de sus límites territoriales con expectativas de aumentar su producción.

Dentro de la producción agroindustrial también se puede destacar el cultivo de la soya y maní para exportación o para ser transformados en aceite en establecimientos industriales del municipio.

⁴ INIDE. (2008). CHINANDEGA EN CIFRAS.

⁵ SINAPRED. (2005). Plan de Zonificación Urbana en Función de las Amenazas Naturales. Chinandega.

También la ganadería tiene un papel muy importante dentro de la economía del municipio, siendo Chinandega junto con el municipio de El Viejo, los primeros productores agropecuarios a nivel departamental y regional.

Por otra parte, la ubicación del municipio es de alto valor estratégico a nivel regional y nacional. Debido a la comunicación hacia los centros urbanos más importante del país (Managua y León) y su proximidad con Puerto Corinto. Así mismo es un lugar de paso obligado hacia el Guasaule (frontera con Honduras). Producto de esta ubicación privilegiada, se ve favorecida la instalación de más actividades de tipo industrial (zonas francas o industrias de transformación de productos locales).

En lo que respecta a indicadores económicos de población la población económicamente activa (PEA) y población económicamente inactiva (PEI) por género es la siguiente:

Tabla 1. Indicadores económicos- INIDE 2005

Municipio	PEA Hombres	PEA Mujer	PEI Hombre	PEI Mujer
Chinandega	26,455	17,749	18,856	32,042

1.5.4. Urbanismo

El Plan de Zonificación Urbana en Función de las Amenazas Naturales especifica que la ciudad se caracteriza por poseer un centro urbano que ha crecido trascendentalmente en los últimos diez años y que sigue desarrollándose en un entorno económicamente y socialmente muy dinámico, que demanda incremento en la cobertura de los servicios municipales debido al crecimiento poblacional. (SINAPRED, 2005)

La estructura actual del municipio presenta una fuerte concentración de población urbana (70.24% de la población del municipio), cabe mencionar la distribución de la población rural de diferentes tamaños que puede originar una red de asentamientos equilibrada cercanos a la urbe. Según proyección para el año 2025, la población urbana podría representar el 84% del municipio.

Se debe tomar en cuenta los procesos de crecimiento conjunto entre centros menores, que tienden a formar conurbaciones (unión de áreas urbanas, producto del crecimiento físico y poblacional).

Destacando entre ellos:

- Al noroeste: Asentamiento El Higueral, Las Grietas y Ojo de agua
- Al norte: La Ranchería, Mocorón, La Joya
- Zona Central: Las Gracias, Belén, La Bolsa y Campana Azul.

Las principales limitantes en el desarrollo habitacional en Chinandega están limitadas al actual uso del suelo, así como la presencia del complejo volcánico San Cristóbal.

El gran potencial productivo de los suelos genera que en el sector sur los centros habitados sean desplazados, ya que es donde se lleva a cabo la mayor parte de la actividad azucarera.

Por otra parte, esto conlleva al asentamiento en los sectores aledaños a las laderas volcánicas aumentando la cantidad de población expuesta al riesgo volcánico y al riesgo generado por la inestabilidad de las laderas volcánicas.

1.5.5. Educación

En lo que respecta a educación en el año 2005, Chinandega presenta un 27 % de la población de 10 años y más, que tiene como nivel de instrucción secundaria y un 5.1% que han cursado estudios universitarios, el 30.1% tiene de 4 a 6 años de instrucción primaria, sólo un 17.1% de la población con 1 a 3 grados aprobados de primaria, que sumados con el 16.9% que no tienen ningún nivel hacen el 34% de analfabetos o potenciales analfabetos, esto implica los porcentajes mayores en la enseñanza media y superior.⁶

La característica anterior está relacionada a la cobertura, el alcance y la capacidad que tiene el sistema educativo para dar respuesta a los estudiantes

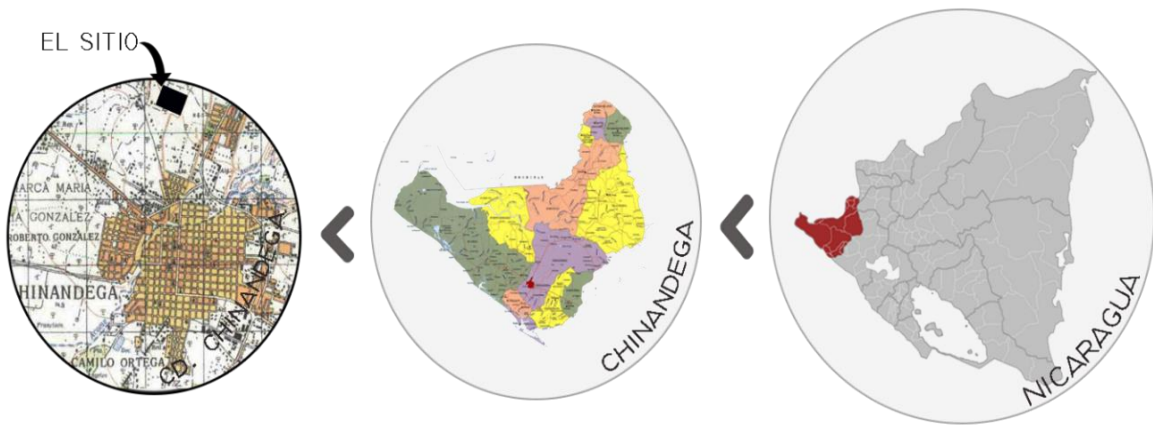
⁶ INIDE. (2005). CARACTERIZACION SOCIODEMOGRAFICA DE CHINANDEGA.

que finalizan la educación primaria y estos puedan optar por una enseñanza media y luego una enseñanza superior (Técnico o universidad).

1.5.6. La Urbanización

El proyecto urbanización Monte Bello se localiza sobre la carretera internacional Managua- El Guasaule, a la altura del Km 133, a 1.5 km del centro de la ciudad de Chinandega.

Figura 1. Macro y micro-localización. Elaboración propia



Inicialmente las viviendas tendrán un costo de \$15000 dólares estadounidenses, los cuales serán distribuidos en cuotas fijas con un interés no mayor del 7% sobre el monto total, dicha cuota incluye el seguro de vivienda.

Figura 2. Modelo único de vivienda. Elaboración: Propia.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Criterios técnicos de diseño

Los criterios empleados para la definición de los diferentes elementos que conformaran el sistema han sido tomados en su mayoría de las Normas Técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09003- 99 - INAA) y Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, así como también de diferentes normas de diseño y criterios de libros de textos reconocidos.

2.1.1. Agua subterránea

Figura 3. Ciclo hidrológico. Fuente: google imágenes

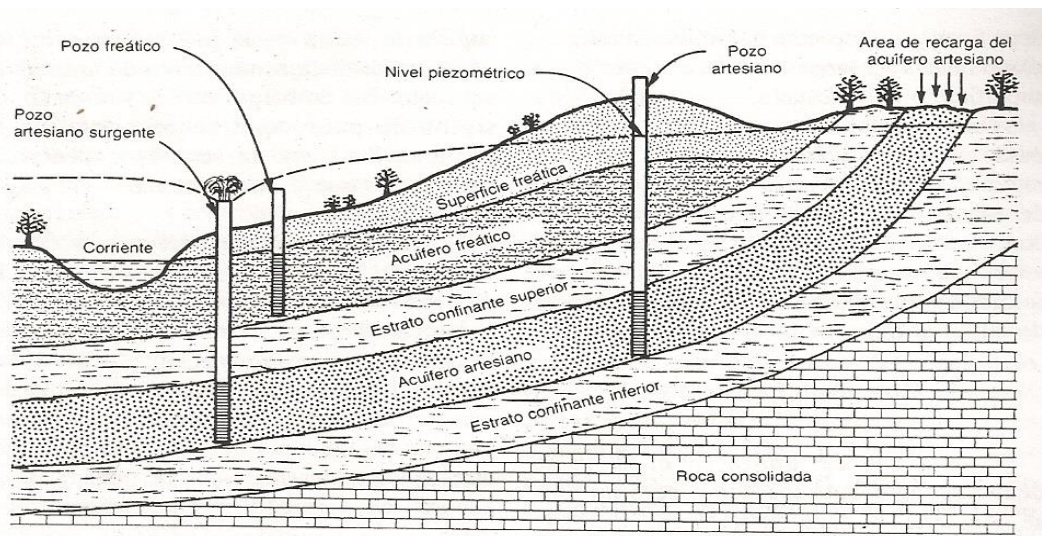


El ciclo hídrico de la tierra consiste en la continua circulación de humedad y de agua sobre nuestro planeta. Este no tiene principio ni fin, pero el concepto de ciclo hidrológico se origina en el agua de los océanos, los cuales cubren las tres cuartas partes de la superficie terráquea. La radiación solar lleva el agua de los

océanos hasta la atmósfera por evaporación, el vapor de agua se eleva y luego se aglomera dando lugar a la formación de nubes. Bajo ciertas condiciones la humedad contenida en las nubes se condensa y se precipita en forma de lluvias o variadas formas de precipitación, las verdaderas fuentes de casi toda nuestra reserva de agua dulce la constituyen la precipitación que cae sobre el área terrestre.

2.1.1.1. Humedad del Suelo y Agua Subterránea

Figura 4. El agua subterránea y los pozos. Fuente: Johnson SCREMS



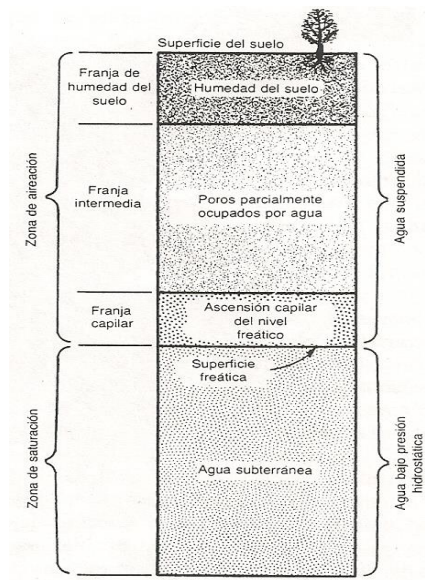
El agua que se infiltra en el suelo se denomina agua sub-superficial, pero no toda se convierte en agua subterránea. Tres son los hechos fundamentales que tienen relación con estas aguas.

- Puede ser devuelta a la superficie por fuerzas capilares y evaporada hacia la atmósfera, ahorrándose así gran parte de su recorrido dentro del ciclo hidrológico.
- Puede ser absorbida por las raíces de las plantas que crecen en el suelo, ingresando de nuevo a la atmósfera a través del proceso de la transpiración.

- Que la que se ha infiltrado profundamente en el suelo, puede ser obligada a descender por la fuerza de la gravedad, hasta que alcance el nivel de la zona de saturación que constituye el depósito de agua subterránea y que abastece de la misma a los pozos.

2.1.1.2. Distribución Sub-superficial del Agua

Figura 5. Distribución sub-superficial del agua, fuente: propia.



Para comprender las manifestaciones del agua subterránea, se requiere estudiar la distribución vertical de esta dentro de los materiales geológicos sub-superficiales o formaciones.

Los geólogos denominan rocas a todos los materiales de la corteza terrestre ya sean no consolidados como las arenas y las arcillas o consolidados como el granito y la caliza.

A mayor o menor profundidad, todos los materiales de la corteza terrestre son normalmente porosos, esta parte se denomina zona de fracturación. El estrato superior en donde las aberturas están solo parcialmente llenas de agua se denomina zona de aeración, dividiéndose esta en tres franjas: la humedad del suelo, la intermedia y la franja capilar. Inmediatamente por debajo de esta y en

donde estas aberturas están completamente llenas de agua, está la zona de saturación.

El agua contenida en la zona de saturación es la única parte de toda el agua del subsuelo de la cual se puede hablar con propiedad como agua subterránea. La zona de saturación podría asimilarse a un gran embalse natural o sistemas de embalses cuya capacidad total es equivalente al volumen conjunto de los poros o aberturas de las rocas que se hallan llenas de agua.

El espesor de la zona de saturación varía desde unos pocos metros hasta varios cientos, esto depende de la geología local, la presencia de poros o intersticios en las formaciones, la recarga y movimiento o desplazamiento del agua desde las áreas de recarga hasta las de descargas.

2.1.2. Fundamentos de Hidrogeología

Las aguas subterráneas provienen de la infiltración en el terreno de agua de lluvia, lagos y ríos, que después de pasar la franja capilar del suelo, circulan y se almacenan en formaciones geológicas porosas o fracturadas, denominadas acuíferos.

Los acuíferos desempeñan un papel fundamental, tanto como conductores de agua, desde sus zonas de recarga hasta lagos, ríos, manantiales, pantanos y captaciones construidas por el hombre, como almacenadores de estos recursos que posteriormente, pueden ser aprovechados para satisfacer las necesidades de abastecimiento de sus usuarios.

2.1.2.1. Condiciones de la Superficie Freática

En ciertos acuíferos el agua subterránea se manifiesta bajo condiciones freáticas, esto significa que el límite superior del acuífero queda definido por la superficie freática misma o sea el plano superior de la porción saturada en la formación geológica, el agua contenida en los poros del acuífero se encuentra sometida a presión atmosférica tal como si estuviese contenida en un recipiente abierto.

En estas condiciones el acuífero mismo se denomina acuífero freático. Otros términos que también se utilizan para definir este estado de agua del agua subterránea son los de acuífero no confinado y agua subterránea libre.

En cualquier nivel dentro de un acuífero freático o libre, la presión hidrostática es equivalente a la profundidad media desde la superficie libre hasta el punto de cuestión y puede expresarse en metros de agua. Así por ejemplo una partícula de agua subterránea que se halle a una profundidad de 50 pies por debajo de la superficie freática está sometida a una presión estática de 50 pies.

Cuando se perfora un pozo dentro de un acuífero freático, el nivel estático dentro del pozo se halla a la misma elevación que en nivel freático.

La zona de saturación incluye tanto estratos permeables como impermeables de materiales terrestres. Los permeables constituyen acuífero. Cuando un acuífero yace entre estratos impermeables situado por encima y por debajo se dice que tanto el acuífero como el agua contenida están confinados. Debido a la presión del estrato confinante superior, el agua del acuífero no se encuentra expuesta a la presión atmosférica, así pues, el agua se halla dentro de los poros del acuífero a una mayor presión que la atmosférica.

2.1.2.2. Condiciones de Artesianismo

Cuando el agua subterránea en una situación actual se manifiesta en condiciones de artesianismo o artesianismo el acuífero se denomina acuífero artesianismo. Los términos de acuífero confinado y agua subterránea confinada se aplican para describir esta condición.

Cuando se perfora un pozo a través de un estrato confinante superior y se presenta dentro de un acuífero artesianismo el agua asciende dentro del pozo hasta alcanzar algún nivel cuya elevación se halla por encima del techo del acuífero. El nivel del agua dentro del pozo equivale a la presión artesianismo del acuífero. La carga hidráulica expresada en pies de agua y para cualquier punto dentro del acuífero viene dada por la distancia vertical desde ese nivel al punto en cuestión.

La elevación a que ascendería el agua dentro de un pozo que penetra dentro un acuífero artesiano se define por el termino técnico “nivel piezométrico” la cual viene a ser una superficie imaginaria que representa la presión o carga hidráulica existente, esta superficie imaginaria es similar a la superficie liquida real que limita a un acuífero freático.

2.1.2.3. Factores de Infiltración

En algunos lugares, los depósitos de agua subterránea son recargados rápidamente por la lluvia. En sitio en que el nivel de agua de lagos y ríos se halla más alto que la superficie freática y sus lechos son permeables, el depósito es recargado por esos cuerpos líquidos. Cuando una corriente o un tramo de esta brindan su contribución de agua a la zona de saturación se dice que es una corriente afluente respecto al agua subterránea. Si por el contrario el agua subterránea se halla a una elevación superior a la de un rio y percola hacia este, se dice que la corriente es efluente de aquella.

La razón de recarga de un depósito de agua subterránea depende del régimen de precipitación de la escorrentía superficial y del caudal de los ríos. Así mismo varía de acuerdo a la permeabilidad de los suelos.

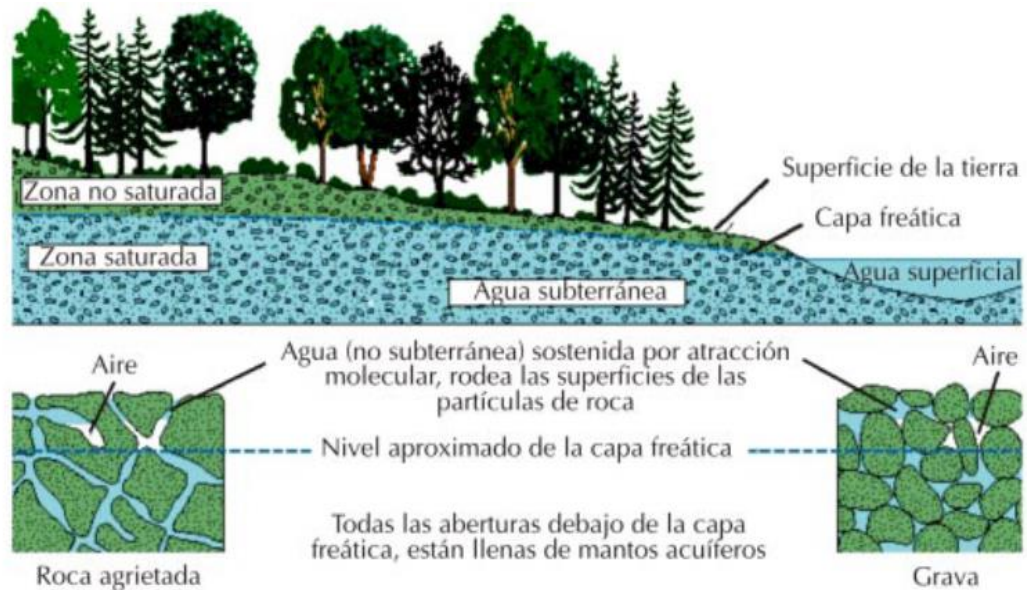
La oportunidad de infiltrar depende en mucho de la condición del suelo, su contenido de humedad y la duración de la lluvia y del patrón de drenaje en la cuenca asimismo la pendiente de la superficie puesto que muy inclinada favorecen a la escorrentía superficial y si son menos fuertes retiene por más tiempo el agua favoreciendo la infiltración.

2.1.3. Acuíferos

Un acuífero es aquel estrato o formación geológica que permite la circulación del agua a través de sus poros y/o grietas. Dentro de estas formaciones podemos encontrarnos con materiales muy variables como grava de rio, calizas muy agrietadas, areniscas porosas poco cementada, arena de playa, algunas formaciones volcánicas depósitos de dunas.

Un acuífero es un almacén geológico a variables profundidades en el que se deposita el agua que puede ser bombeada, el agua forma parte de un suelo que no está saturado, mientras que en el segundo los acuíferos se encuentran saturados o muy cerca de saturación.

Figura 3. Descripción de un acuífero, fuente: propia.



El material presente en un acuífero puede estar compuesto de diversos depósitos como arenas, grava, limos, y arcillas, o también por formaciones geológicas tales como rocas fracturadas y/o fisuras provocadas por fallas o material calcáreo (calizas) con grietas producto de disolución.

Dependiendo del caudal y característica del estrato, las aguas subterráneas pueden generar por erosión auténticos canales subterráneos por donde circulan libremente.

En función de la presión hidrostática del agua encerrada en estos reservorios de agua es posible clasificar a los distintos tipos de acuíferos existentes. Por otro lado, reconocer el acuífero según su presión, se traduce en una circunstancia práctica muy útil que facilita el determinar el tipo de captaciones de agua subterránea.

2.1.3.1. Origen de los acuíferos por procesos geológicos

Los procesos geológicos crean rocas y acuíferos, pero a su vez otros procesos posteriores los pueden destruir. Nuevas rocas se forman y se extienden sobre las anteriores en una sucesión de capas. Una vez que cualquier roca sedimentaria, ígnea o metamórfica queda constituida, los continuos eventos geológicos la alteran de varias maneras, lo que eventualmente mejora o daña sus propiedades acuíferas.

Las rocas que forman la corteza terrestre se han venido acumulando desde tiempos inmemorables. Su historia ha sido reunida pieza por pieza por los geólogos mediante el estudio de los fósiles que se han encontrado atrapados en su seno.

Los acuíferos ostentan una variedad de formas y estructuras. Algunos depósitos marinos de arenisca se extienden sobre grandes áreas, son de textura uniforme y la variación de su espesor es muy poca.

Las disyunciones y las fracturas de ciertas rocas metamórficas tales como el granito, el gneis y la cuarcita, rinden algunas veces pequeñas cantidades de agua. Los acuíferos presentes en estos tipos de rocas no aparentan un tamaño o forma particulares, pero el agua subterránea generalmente tiene lugar cerca de la parte superior de la formación. La cantidad y el tamaño de las aberturas disminuyen rápidamente conforme aumenta la profundidad. Sería un desperdicio de tiempo, esfuerzo y dinero tratar de perforar más de unos cuantos metros en este tipo de materiales.

2.1.3.2. Las Funciones de un Acuífero

Dos son las funciones importantes que realizan un acuífero; almacenadora y otra transmisora. Esta almacena agua, sirviendo como depósito y trasmite agua como lo hace un conducto. Las aberturas o poros de una formación acuífera sirven tanto de espacio para almacenamiento como de red de conductos.

El agua subterránea se mueve constantemente a través de distancias extensas y desde las áreas de recarga hacia las de descarga. El desplazamiento es muy lento, con velocidades que se miden en metros por día y a veces en metros por año. Como consecuencia de ello y del gran volumen que su porosidad representa, un acuífero retiene enormes cantidades de agua en almacenamiento inestable.

La discusión previa ha expuesto que las aberturas en las formaciones geológicas sub-superficiales son de tres clases generales:

- Aberturas comprendidas entre las partículas individuales, como en las formaciones constituidas por arena y grava
- Fisuras, disyunciones o facturas en las rocas duras y que se han desarrollado al quebrarse estas.
- Canales de disolución y cavernas en las calizas y aberturas resultantes de la contracción y de la evolución de los gases en las lavas.

Las dos propiedades de un acuífero que tienen relación con su capacidad de almacenar agua, son su porosidad y rendimiento específico.

2.1.3.3. Porosidad

La porosidad de un acuífero es aquella parte de su volumen que consiste de aberturas o poros, ósea la proporción de su volumen no ocupado por material sólido. Es un índice que indica cuánta agua puede ser almacenada en el material saturado.

2.1.3.4. Permeabilidad

Se denomina permeabilidad a la propiedad de una formación acuífera en lo referente a su función transmisora o de conducto. La permeabilidad se define como la capacidad de un medio poroso para transmitir agua. El movimiento de

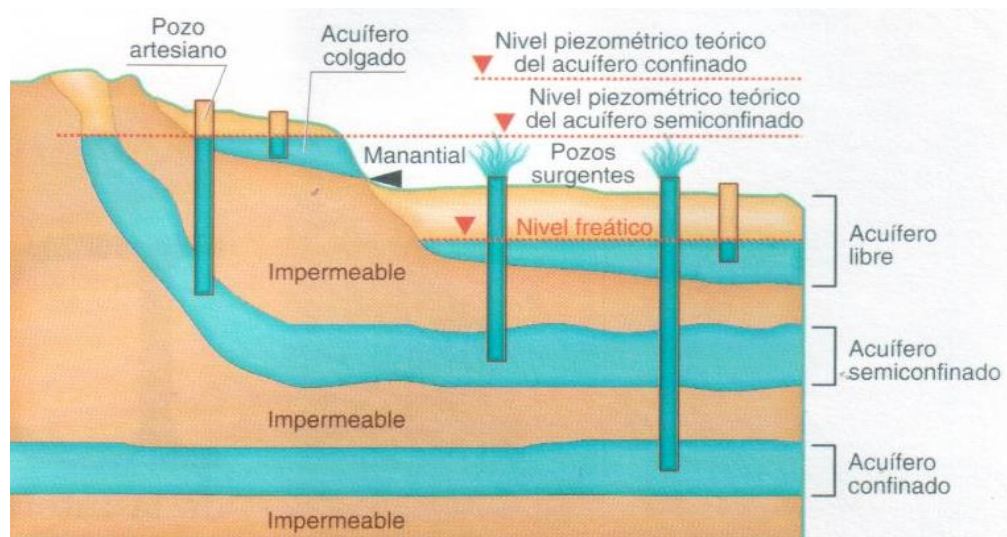
agua de un punto del material tiene lugar cuando se establece una diferencia de presión o carga entre dos puntos.

2.1.3.5. Espesor del acuífero

Corresponde a la distancia que existe entre el estrato impermeable y el nivel freático en acuíferos libres, siendo variables, en función de los cambios del nivel freático, de pocos metros a decenas de metros de magnitud. En acuíferos confinados y semi-confinados, corresponde a la distancia que existe entre los estratos impermeables que lo encierran, en este caso el valor es constante y puede variar en órdenes de magnitud de unos pocos metros, a cientos o miles de metros.

2.1.3.6. Tipos de acuíferos

Figura 4. Tipos de acuíferos, fuente: <http://lan.inea.org>



- Acuíferos Libres

Son aquellos en los cuales existe una superficie libre de agua almacenada en ellos y que se encuentra a presión atmosférica. La superficie del agua

correspondiente al nivel freático y podrá estar en contacto directo con el aire o no. En estos acuíferos, al perforar pozos que los atraviesan total o parcialmente, el agua alcanza un nivel que sería el mismo que tendría dentro de la formación geológica, es decir el nivel freático (nivel real) coincide con el nivel piezométrico (nivel ideal que alcanzaría el agua a presión atmosférica).

- **Acuíferos Confinados**

En este tipo de acuífero, el agua que contienen está sometida a ciertas presiones, superior a la atmosférica y ocupa la totalidad de los reservorios de la formación geológica, saturándola totalmente. Están sellados por material impermeables que no permiten que el agua ascienda hasta igualar su presión a la atmosférica. Por este motivo al perforar pozos que atraviesen el límite superior del material que constituye el acuífero, se observara que el nivel del agua asciende muy rápido hasta que se estabiliza en el nivel piezométrico. Podrán darse pozos surgentes si el nivel del agua queda por encima del nivel topográfico y pozos artesianos si el nivel se estabiliza por debajo de la cota del terreno. De esta manera, si imaginamos una serie de pozos atravesando un acuífero de este tipo, y unimos los niveles que alcanza el agua en cada uno, obtendríamos una superficie piezométrica que no coincide con el nivel freático que tenía el acuífero en estado natural.

- **Acuíferos Semiconfinados**

Constituyen una variedad de los confinados, y se caracterizan por tener el techo (parte superior) y/o la base (parte inferior) sellado por materiales que no son totalmente impermeables, que corresponde a un material que permite una filtración vertical que alimenta muy lentamente al acuífero principal. En estos casos, habrá situaciones en los que la recarga podrá hacerse en ambos sentidos en función de la diferencia de potencial.

Los acuíferos son explotados a través de varios tipos de captaciones, entre las cuales, las más comunes son:

Pozos profundos: perforados a través de muchas técnicas y generalmente requieren de grandes equipos de perforación.

Aljibes: son pozos poco profundos, generalmente excavados a mano y algunas veces revestidos en piedra, ladrillo o cemento.

Manantiales: son exposiciones naturales de las aguas subterráneas en superficie y que son aprovechados directamente, sin necesidad de grandes obras.

La elección de alguna de estas formas de acceder a los acuíferos dependerá tanto de las características hidrogeológicas de la zona en particular, como de las necesidades de abastecimiento del agua y de las condiciones socioeconómicas de la región.

Una de las grandes ventajas de las aguas subterráneas es que generalmente son de buena calidad para consumo humano por estar protegidas naturalmente por capas de suelos o rocas que tienen la capacidad para atenuar, retardar o retener algunos contaminantes, además de ser menos susceptibles que las aguas superficiales a cambios climáticos.

Por otro lado, una vez contaminadas las aguas subterráneas como consecuencia de alguna actividad en la superficie (agrícola, industrial, disposición de residuos o de afluentes, etc.) será casi imposible o demasiado costosa su recuperación. Por lo anterior, cuando accedemos a estos recursos hídricos, implícitamente nos debemos comprometer con su protección y conservación para garantizar su aprovechamiento futuro.

2.1.4. Agua potable

El agua potable es agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades. Se han establecidos valores máximos y mínimos para el contenido en minerales, diferentes iones como cloruros, nitratos,

nitritos, amonio, calcio, magnesio, fosfato, arsénico etc. además de los gérmenes patógenos

En la actualidad, se denomina agua potable a la tratada para su consumo humano según unos estándares de calidad determinados por las autoridades locales e internacionales.

Las causas de la no potabilidad del agua son:

- Bacterias o virus.
- Minerales (en formas de partículas o disueltos),
- Productos tóxicos, depósitos o partículas en suspensión.

2.1.4.1. Componentes del sistema de abastecimiento

La red de abastecimiento de agua potable es un sistema de obras de ingeniería, concatenadas que permiten llevar hasta la vivienda de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural relativamente densa, el agua potable.

El sistema de abastecimiento de agua potable más complejo, que es el que utiliza aguas superficiales, consta de cinco partes principales, a saber:

2.1.4.1.1. Pozo.

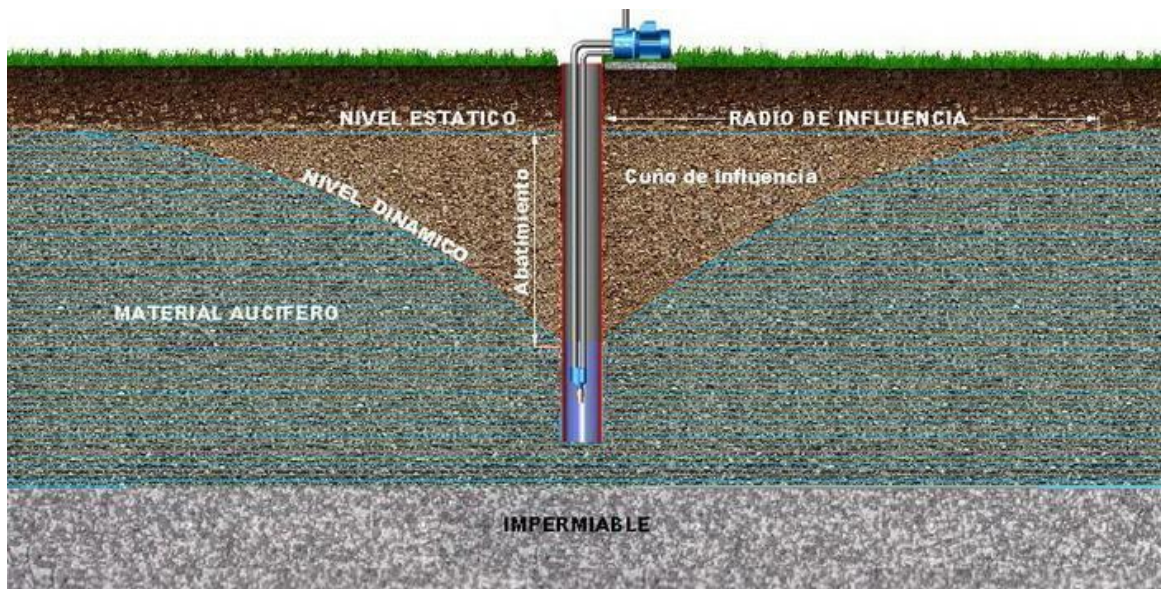
Un pozo es una estructura hidráulica que correctamente diseñada y construida permite efectuar la extracción económica de agua de una formación acuífera. Cuan adecuadamente se logra este propósito, es algo que depende de los siguientes tres aspectos:

- Una aplicación inteligente de los principios de la hidráulica en el análisis del pozo y del comportamiento del acuífero.
- La habilidad al perforar y construir pozos, lo que permite tomar ventaja de las condiciones geológicas.
- Una selección adecuada de los materiales que asegure una larga duración a la estructura.

A fin de un mejor diseño es necesario definir las propiedades hidráulicas de los pozos.

- **Nivel Estático del Agua (NEA).** Es la distancia medida desde la superficie del terreno hasta el nivel del agua en el pozo no afectado por ningún bombeo. Este nivel está definido por la línea de carga en el acuífero.
- **Nivel Dinámico (N.D).** Es la distancia medida desde la superficie del terreno hasta el nivel del agua en el pozo, cuando se extrae un determinado gasto. Este nivel es dependiente del gasto bombeado.
- **Abatimiento (A).** Es la diferencia entre el nivel de bombeo y el nivel estático, y similarmente será en función al gasto de bombeo. Representa la carga en metros de agua que produce el flujo desde el acuífero hacia el pozo y el caudal que se está extrayendo.
- **Capacidad Específica.** Representa la relación entre el gasto extraído y el abatimiento provocado por un tiempo determinado.
Se expresa $C.E = \text{Rendimiento} / \text{Depresión}$, en $\text{m}^3/\text{hora}/\text{m}$, $\text{l}/\text{seg}/\text{m}$ $\text{m}^3/\text{min}/\text{m}$
Depresión: $N.E.A - N.D.$ en pie o en metro.
- **Rendimiento del Pozo (producción).** Es el volumen de agua por unidad de tiempo que el pozo está descargando, ya sea por bombeo. (l/seg , m^3/min)
- **Radio de influencia.** Es la distancia alrededor de la obra de captación hasta donde llegan a ocurrir descensos en el nivel de agua cuando se realiza el bombeo.

Figura 5. Propiedades hidráulicas de los pozos. Fuente: google imágenes.



Todas estas propiedades se pueden determinar a través de la prueba de bombeo.

Los pozos deben por lo general diseñarse para obtener de ellos el mayor rendimiento disponible en el acuífero y la mayor eficiencia, en términos de capacidad específica. Un buen diseño, así como el diámetro apropiado reduce el peligro del rendimiento en el acuífero, ya que logra incorporar al pozo aquellas características que le aseguren una larga vida exenta de problemas.

La profundidad que se espera darle al pozo se determina por lo general mediante el registro del pozo de prueba, de los registros de otros pozos cercanos en el mismo acuífero o durante la perforación del pozo de profundidad.

Esto también estará sujeto al estudio hidrogeológico de la zona al igual que la calidad del agua que se encuentra en el acuífero.

Otro elemento a tomar en cuenta es la perforación, la cual es un hueco que se hace en la tierra, atravesando diferentes estratos, entre los que puede haber unos acuíferos y otros no acuíferos; unos consolidados y otros no consolidados. Cada formación requiere un sistema de perforación determinado, por lo que a

veces un mismo pozo que pasa por estratos diferentes obliga a usar técnicas diferentes en cada uno de los estratos.

También se debe tomar en cuenta al momento de la construcción del pozo son los siguientes elementos:

Diámetro del pozo: Escoger el diámetro apropiado del pozo es algo muy importante, pues éste afecta significativamente el costo de la obra. El diámetro del pozo debe escogerse de modo que se satisfagan dos requisitos:

- El ademe debe de ser lo suficientemente amplio para que permita acomodar la bomba con la tolerancia adecuada para su instalación y eficiente funcionamiento.
- El diámetro del intervalo de captación del pozo debe de ser tal que garantice una buena eficiencia hidráulica del mismo.

Al escoger el diámetro del ademe el factor que gobierna por lo general es el tamaño de la bomba que va necesitarse para la descarga deseada o potencial del pozo. El ademe deberá ser dos números mayor que el diámetro nominal de la bomba.

En la NTON (INAA, 1999) en el capítulo V acápite 5.2.5 se brinda una tabla de ademes mínimos para pozos según el caudal.

Tabla 2. Ademes mínimos para pozos según el caudal. Fuente: INAA

ADEMES MINIMO DE POZOS SEGÚN CAUDAL

Capacidad del pozo		Diámetro de ademe	
gpm	(L/s)	pulg	(mm)
125	7.90	6	150
300	18.90	8	200
600	37.80	10	250
900	56.78	12	300
1300	82.00	14	350
1800	113.55	16	400

Profundidad del pozo: La profundidad que se espera darle al pozo se determina por lo general mediante el registro del pozo de prueba, de los registros de otros

pozos cercanos en el mismo acuífero o durante la perforación del pozo de profundidad. Generalmente el pozo se termina en el fondo del acuífero. Esto es de desear, por las dos razones siguientes:

- Se utiliza mayor espesor del acuífero como intervalo de captación del pozo, lo que mejora su capacidad específica.
- Puede obtenerse mayor abatimiento disponible, permitiendo al pozo erogar más caudal.

Diámetro de la perforación: El diámetro de la perforación definitiva o de explotación, depende de varios factores estrechamente relacionados, entre los que se destacan: caudal requerido, productividad del acuífero, diámetro del entubamiento, características del equipo de bombeo.

Entubación definitiva: La tubería de pozo debe de ser capaz de resistir presión provocada por los empujes laterales del terreno y a presión hidrostática de los acuíferos existentes, esto por posibles diferencias de nivel de agua entre el interior y exterior del pozo. La conducción de construcción de estas tuberías estaba basada en criterios que condicionan su comportamiento estructural e hidráulico, de manera que cumplan con las características de sostenimiento de las paredes del pozo y de la conducción hidráulica que conecta el acuífero con la superficie, y permita una adecuada instalación del equipo de bombeo.

La tubería que se utilizan para habilitar los pozos son hierro o acero tipo Johnson con extremos para soldar. Se ajustan a las normas ASTM – 53, ASTM – 120 Y API (las normas ASTM abarcan varios sectores clave incluido los productos de metal si hierro tecnología medio ambiental y del agua, entre otro).

En el caso de la tubería de PVC, los estándares exigidos para uso en pozos profundos son superiores a los comúnmente utilizados en el sistema de riego. Se recomienda el PVC clase 11, 12 y 21 que tolera presiones entre 572 y 3,000 Kpa.

Las entubaciones definitivas deberán quedar verticales y alineadas. Ninguna tubería, en cuyo interior haya de colocarse un equipo de bombeo, deberá

desviarse de la vertical más de 7.5 cm cada 30 metros para los tubos de hasta 2" de diámetro nominal más de 10 cm para diámetros entre 8" y 12"; ni más de 15 cm para diámetros mayores de 12".

Rejilla y filtro de grava: La zona de admisión del agua al pozo constituye, sin duda la parte esencial del mismo, aun cuando en ocasiones no se coloca elemento alguno en esta zona, lo más frecuente es realizar un revestimiento al que suele denominarse "rejilla", la cual bien proyectada debe permitir que, con una pérdida de carga admisible pase al interior del pozo agua limpia de materiales sólidos. Sin embargo, no es suficiente con la colocación de una rejilla para garantizar el correcto funcionamiento del pozo, sino que se hace necesario colocar un relleno de grava de características determinadas, en el espacio anular que queda entre la pared del terreno perforado y la rejilla.

La longitud de la rejilla debe escogerse con relación al espesor del acuífero, abatimiento disponible, y estratificación de la formación.

Las reglas que siguen se pueden aplicar a cuatro situaciones siguientes:

- Acuífero artesiano homogéneo: En este acuífero deberá enjear el 70% a un 80% del espesor del material acuífero suponiendo que el nivel del agua no descienda por debajo del techo de este. Una buena práctica de diseño nos indica que el máximo abatimiento debe ser igual a la distancia entre el nivel estático hasta el techo del acuífero.
- Acuífero artesiano heterogéneo: En este tipo de formación acuífera obviamente lo mejor es enrejillar el estrato más permeable. Estos se pueden determinar mediante laboratorio, prueba de permeabilidad, análisis granulométrico, inspección visual y una comparación de los materiales que representa cada estrato. La confiabilidad depende de los factores económicos que gobiernan la obra son los mismos que indican cuanto gasto está justificado hacer para determinar con mayor precisión los intervalos favorables del acuífero.

- Acuífero freático homogéneo: tanto la teoría como la experiencia han demostrado que al enrejillar el tercio inferior del acuífero se obtiene el mejor diseño para esta condición. En algunos pozos se puede enrejillar la mitad inferior del acuífero para obtener una mayor capacidad específica.
- Acuífero de nivel freático heterogéneo: los principios de diseños que se aplican a los acuíferos artesianos heterogéneo se utilizan también en los diseños de pozos perforados en acuífero freático heterogéneo.

La única variación en el caso de un acuífero freático es la posición de la rejilla o tramos de esta, que esta vez deben de colocarse en los intervalos inferiores permeables, para disponer así del máximo abatimiento. En aquellos pozos desarrollados de forma natural las aberturas de las rejillas se deben escoger mediante un análisis granulométrico la abertura se escoge en la curva granulométrica como aquel que retendrá un 40 O 50 por ciento de la arena.

En la naturaleza se presenta por lo general las formaciones heterogéneas o acuíferos estratificados. Cuando se trate de una formación de este tipo la abertura de la ranura de los diversos tramos de una rejilla de pozo se escogen de modo que se ajusten a la gradación de los materiales de todos los estratos.

El diámetro de la rejilla se escoge con miras a cumplir con un principio básico y que consiste en proveer suficiente área de entrada para que la velocidad del agua al pozo no exceda un cierto valor estipulado. El diámetro de la rejilla constituye un factor que podría variarse una vez que la longitud y el tamaño de la ranura queda definido. En gran medida son las características naturales del acuífero la que establecen estas dimensiones.

Las pruebas de laboratorio y la experiencia en el campo demuestran que si la velocidad de entrada del agua a través de la rejilla es de un valor igual o menor de 3 Centímetro por segundo se obtendrán los siguientes resultados.

- Las pérdidas por fricción en las aberturas de las rejillas serán de un valor despreciables.

- La velocidad de incrustación será mínima.
- La velocidad de corrosión será también mínima.

Un valor comúnmente utilizado es el recomendado por National Water Well Association que indica que la velocidad máxima permitidas es de 3 cm/s o 0.03 m/s.

Filtro de grava: Puesto que la teoría de diseño de la gradación de los filtros de grava se basa en la retención mecánica de las partículas de la formación, lo único que se necesitara es un espesor de filtro de solamente dos o tres tamaños de granos, para que el filtro retuviese y controlase la arena de la formación.

Los materiales para filtro deberán estar limpios y contener granos bien redondeados que sean lisos y uniformes estas características aumenta la permeabilidad y porosidad del material del filtro. En un material uniforme tiene lugar a una menor separación hidráulica de las partículas, cuando este se está colocando o dejando que se asiente a una profundidad considerable dentro del agua.

Es fundamental una prolija selección de la grava, pues la permeabilidad del filtro debe ser mayor que la del acuífero. Se requiere de un trabajo minucioso y prudente en la colocación del filtro procurando que no se pierda la graduación de la grava elegida. El espesor del filtro deberá de ser de 7 a 20 cm (3 a 8") dependiendo del valor de la profundidad del pozo y de lo regular de la construcción de la perforación.

En muchas ocasiones, las características del subsuelo posibilitan la creación de la pared de grava con las propias partículas que constituyen la formación. Al respecto se sugiere la siguiente receta para un buen diseño de estos filtros: cualquier clase de material, por fino que sean, se pueden controlar con un filtro construido por grava graduada, con partículas limitadas entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro.

Sello Sanitario: Finalmente, durante el funcionamiento del pozo también será necesario adoptar las medidas correspondientes para evitar la entrada en el

pozo de aguas contaminadas, para ello se instala una protección superior que consiste en:

- Prolongar el revestimiento hasta 50 cm. por encima del nivel del Suelo.
- Cubrimiento de concreto en la entrada del pozo, con pendientes de las condiciones locales.
- Protección a base de material arcilloso en un radio dependiente de las condiciones locales.
- Cierre sanitario de la boca de pozo a base de chapas atornilladas con juntas estancas de goma.
- Cementación del trasdós del revestimiento al menos en los primeros tres metros.

Perforación del pozo: Una perforación es un hueco que se hace en la tierra, atravesando diferentes estratos, entre los que puede haber unos acuíferos y otros no acuíferos; unos consolidados y otros no consolidados. Cada formación requiere un sistema de perforación determinado, por lo que a veces un mismo pozo que pasa por estratos diferentes obliga a usar técnicas diferentes en cada uno de los estratos.

Existen métodos mecanizados y manuales para perforar pozos, pero todos se basan en dos modalidades: percusión y rotación.

- Perforación a percusión

El método se basa en la caída libre de un peso en sucesión de golpes rítmicos dados contra el fondo del pozo en perforación. Dejando caer con regularidad una pesada sarta de herramientas dentro del agujero que se va abriendo. El barreno fractura o desmorona la roca dura y la convierte en pequeños fragmentos. Cuando se está perforando en material suave o consolidado el barreno afloja el material. En ambos casos la acción del vaivén de las herramientas entremezcla con agua las partículas fracturadas y desprendidas, formando así un lodo. El lodo resultante debe ser retirado del agujero de tiempo en tiempo mediante una bomba de arena o una cuchara. Cuando se acumula mucha columna de lodo

esta amortigua la caída de las herramientas y retarda la velocidad de penetración. Tal circunstancia es la que determina con cuanta frecuencia debería extraerse el lodo.

Una sarta completa de herramientas de Perforación se halla completa constituida por cuatro elementos, estos son: el barreno, la barra de peso adicional al barreno y el efecto de su longitud ayuda a mantener un agujero recto cuando se perfora en roca dura. Las tijeras consisten de un par de barras de aceros articuladas. Cuando se perfora en aquellos materiales en los que el barreno esta propenso a quedar aprisionado, se utiliza las tijeras para aflojar las herramientas, estas es la única función que desempeñan.

El portacable giratorio establece la conexión de herramientas al cable además su peso suministra parte de la energía de los golpes ascendentes dados por las tijeras cuando se necesita usar estas. También permite que las herramientas giren ligeramente con respecto al cable. Los elementos de la sarta de herramientas se acoplan entre sí mediante extremos roscados.

El cable de alambre que soporta las herramientas de perforar se denomina comúnmente las líneas de perforar. Por lo general varía entre 5/8 y 1" de diámetro y su torcido en su sentido izquierdo. La línea de perforar se hace pasar por una polea de coronamiento que se halla situada en la cumbre del mástil o torres, de donde desciende hacia el cabrestante llegando al tambor principal de arrollado. La cuchara está formada por un tramo de tubo con válvula de retención en el fondo. La bomba de arena es una cuchara dotada de un embolo el cual, al desplazarse hacia arriba produce un vacío que habré la válvula y succiona la arena o el lodo que contiene los fragmento haciéndolo penetrar al tubo.

- Perforación a rotación

Estos equipos se caracterizan porque trabajan girando o rotando la broca, tricono o trépano perforador. El sentido de la rotación debe ser el mismo usado para la unión o enrosque de las piezas que constituyen la sarta de perforación.

Todas las brocas, trépanos o triconos, son diseñados para cortar, triturar o voltear las distintas formaciones que pueden encontrarse a su paso. Estas herramientas son diseñadas para cada tipo de formación o terreno.

El método hidráulico de Perforación por rotación consiste en horadar un agujeró mediante la acción rotativa de un trepano y remover los fragmentos que se producen con un fluido que continuamente se hace circular, conforme el trepano penetra en los materiales de la formación.

Prueba de bombeo.

Es de suma importancia la realización de prueba de bombeo o Aforo al pozo recién construido o a los pozos ya existentes, con el propósito de saber los rendimientos de los pozos, esto es, el volumen de la descarga y el abatimiento.

El objetivo de esta prueba es para conocer el caudal del pozo, es decir, el caudal óptimo de explotación donde el pozo tenga un rendimiento máximo, en cuanto a los niveles de bombeo o descenso del agua, ya sea en invierno o verano y no afecte la eficiencia de los pozos durante la operación definitiva del equipo sumergible a instalar.

Con esta finalidad, existen dos tipos de prueba de bombeo para caudal extraído:

Prueba a caudal variable o escalonada: La finalidad de esta prueba de extracción de agua, es para determinar el comportamiento del pozo en cuanto al descenso de los niveles de bombeo en la unidad de tiempo, esta prueba se realiza con diferentes caudales y se pasa al siguiente caudal cuando se logra mantener el nivel dinámico de bombeo con respecto al tiempo constante para un mismo caudal de explotación y puede tener hasta cuatro caudales diferentes.

Prueba a caudal constante: Esta es la prueba definitiva y es de larga duración, se realiza con un solo caudal y puede durar 72 o más horas continuas de bombeo.

2.1.4.1.2. Almacenamiento de agua bruta

El almacenamiento de agua bruta se hace necesario cuando la fuente de agua no tiene un caudal suficiente durante todo el año para suplir la cantidad de agua necesaria.

En los sistemas que utilizan agua subterránea, el acuífero funciona como un verdadero tanque de almacenamiento, la mayoría de las veces con recarga natural, sin embargo, hay casos en que la recarga de los acuíferos se hace por medio de obras hidráulicas especiales.

2.1.4.1.3. Captación

La captación de un manantial debe hacerse con todo cuidado, protegiendo el lugar de afloramiento de posibles contaminaciones, delimitando un área de protección cerrada.

La captación de las aguas superficiales se hace a través de las bocatomas, en algunos casos se utilizan galerías filtrantes paralelas al curso de agua para captar las aguas que resultan así con un filtrado preliminar.

La captación de las aguas subterráneas se hace a través de pozos o galerías filtrantes.

2.1.4.1.4. Estación de bombeo

Cuando por las condiciones topográficas del terreno y de localización no es posible utilizar la fuerza de la gravedad para distribuir el agua potable a una población, es necesario recurrir a medios artificiales para elevar el agua hasta la altura conveniente. Para este fin se dispone de equipos elevadores llamados bombas y equipos auxiliares que suministran el trabajo necesario para vencerla fuerza de gravedad denominados motores.

La estación de bombeo es el conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsarán al reservorio de almacenamiento. Específicamente está compuesta por el equipo de bombeo (motor y bomba),

fundaciones, castea, conexión de bomba o sarta y conexiones eléctricas. La función de todo el sistema consiste en elevar el agua desde la fuente cuando está situada a elevaciones inferiores hacia la Red, o también elevar el agua hacia el tanque de almacenamiento y luego distribuir hacia la red.

Carga Total Dinámica.

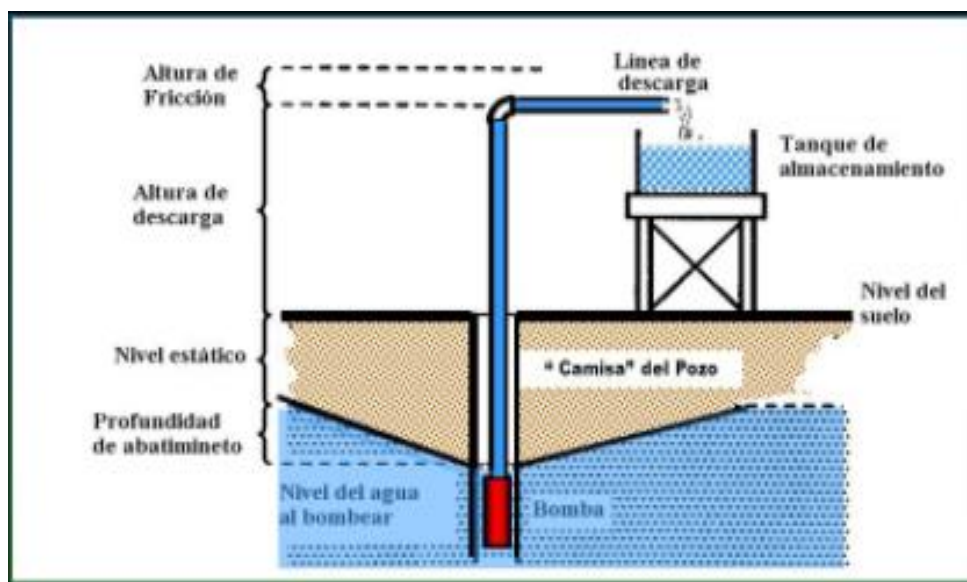
Es la carga total contra la cual debe operar una bomba, o sea, la energía por unidad de peso de líquido que debe suministrarle la bomba al mismo para que pueda realizar el trabajo que se pretende.

Como se sabe, el movimiento del líquido a través de la tubería da origen a fricción, que resulta en una pérdida de energía, por consiguiente, dicha fricción debe ser vencida por la bomba, además de la carga estática representada por la carga de nivel.

La carga estática (h) está representada por la diferencia de nivel entre la superficie del líquido donde tiene que tomarlo la bomba y la superficie del líquido en el lugar de descarga.

Las pérdidas por fricción (h_f) representan las pérdidas de energía como consecuencia de la resistencia que presentan las tuberías y accesorios a la circulación del líquido. La carga de pérdida varía con la cantidad de flujo, el tamaño y tipo, condiciones de la tubería, accesorios y el carácter del líquido bombeado; así como los cambios de dirección y forma del área del flujo, se expresan en metros.

Figura 6. Carga total dinámica. Fuente: UNAM



El conjunto elevador (moto-bomba) deberá vencer la diferencia de nivel entre los dos puntos, más las pérdidas de carga en todo el trayecto (pérdidas por fricción a lo largo de la tubería y pérdidas locales debidas a piezas y accesorios).

La ubicación de la estación de bombeo deberá ser seleccionada de tal manera que permita un funcionamiento seguro y continuo, para lo cual se tendrá en cuenta los siguientes factores:

- Fácil acceso en la etapa de construcción, operación y mantenimiento.
- Protección de la calidad del agua de fuentes contaminantes.
- Protección de inundaciones y deslizamientos. Eficiencia hidráulica del sistema de impulsión o distribución.
- Disponibilidad de energía eléctrica, de combustión u otro tipo.
- Topografía del terreno y características del suelo

Tipos de bombas para agua potable.

Las bombas se dividen en 2 grupos, que son los siguientes:

- Bombas de desplazamientos positivos (directas).
- Bombas de desplazamiento no positivo (indirectas).

Bombas de desplazamiento positivo: son bombas de desplazamiento que crean la succión y la descarga, desplazando agua con un elemento móvil. El espacio que ocupa el agua se llena y vacía alternativamente forzando y extrayendo el líquido mediante movimiento mecánico. El termino positivo, significa que la presión desarrollada está limitada solamente por la resistencia estructural de las distancias partes de la bomba y la descarga no es afectada por la carga a presión, sino que está determinada por la velocidad de la bomba y la medida del volumen desplazado.

Existen diferentes tipos de bombas de desplazamiento positivo:

- Bombas reciprocantes.
- Bombas rotatorias.

Bombas de desplazamiento no positivo: las bombas de este grupo son las que más se usan en las distintas aplicaciones y prácticamente han desplazado casi completamente a las bombas reciprocantes y rotativas, esto por su adaptabilidad a las condiciones de servicio más diversas. Podemos decir que las bombas centrífugas, de flujo mixto y axiales se encuentran entre las maquinas que más se usan en la técnica moderna paralelamente al motor eléctrico.

Clasificación de las bombas de desplazamiento no positivo:

- Bombas de flujo radial o centrífugas.
- Bombas de flujo diagonal o mixto.
- Bombas de flujo axial.
- Bombas sumergibles.

Sarta.

Se llama así al conjunto de tuberías y accesorios que se ubican a la salida de la tubería de succión del pozo y culmina con la unión de la tubería que va al tanque de almacenamiento. En casos que la distribución sea directa a la red de distribución culminara con su conexión a la red de distribución.

La principal función de la sarta es tener control tanto de volúmenes, presiones y calidad del agua extraída. El material de la sarta generalmente es de hierro fundido o hierro galvanizado, esto debido a las presiones (que muchas veces el PVC no puede soportar) de la extracción del agua potable mediante el bombeo, así como también por la duración y resistencia del material a condiciones de trabajo no idóneas (intemperie, sobrepresiones).

La sarta consta de:

- Medidor maestro: para obtener un aforo del volumen de agua extraído. Para unir tuberías,
- Uniones de tipo dresser: que son juntas de acople que no requieren bridas.
- Válvula de aire: Se debe ubicar una al inicio de la impulsión, para ayudar a controlar la presión de salida por la impulsión del agua del bombeo que al estar la tubería inicialmente vacía se debe desplazar el aire de la columna de bombeo y que se transmite por la sarta y demás elementos, causando sobrepresiones y medidas incorrectas de manómetros y medidores, así mismo para evitar el fallo de elementos con menor resistencia como las tuberías de PVC y accesorios como válvulas.
- Manómetro: sirve para controlar la presión del agua y que mantenga en los niveles permisibles para evitar daños en la integridad de los diversos elementos. La ubicación recomendada es después del medidor maestro, cuando ya la válvula de aire a eliminado sobrepresiones por acumulación de aire.
- Válvulas check o válvulas anti retorno: tiene como función evitar que el fluido regrese a la tubería de dónde provino y evitando la acumulación de aire en los tramos de tubería.
- Tubería de descarga libre: para poder realizar análisis o limpiezas del sistema de extracción, seguida por una válvula que cierre el paso para que el agua bombeada no vaya a la línea de conducción o al almacenamiento.

Golpe de Ariete.

El golpe de ariete es producido por el choque violento de un fluido contra las paredes de las tuberías por diferentes razones: cierres de válvulas, cambios de dirección por accesorios o reducciones. Este “rebote” del flujo en la dirección contraria al sentido normal por el que está siendo dirigida crea un pulso de alta presión cuya onda provoca sobrepresiones y depresiones en las tuberías, la cuales eventualmente terminan cediendo y se destruyen.

Bloques de reacción.

Se deberán construir bloques de reacción de concreto a todos los elementos susceptibles a las presiones de la red, a fin de garantizar un correcto funcionamiento de dichos elementos, principalmente: válvulas, codos, teés, yeés y reductores.

2.1.4.1.5. Tratamiento (en caso de requerirse)

El tratamiento del agua para hacerla potable es la parte más delicada del sistema, el tipo de tratamiento es muy variado en función de la calidad del agua bruta. En la NTON (INAA, 1999) tabla 5-1, señala la clasificación de las fuentes y el posible tratamiento.

2.1.4.1.6. Almacenamiento de agua tratada

El almacenamiento del agua tratada tiene la función de compensar las variaciones horarias del consumo, y almacenar un volumen estratégico para situaciones de emergencia, como por ejemplo incendios. Existen dos tipos de tanques para agua tratada, tanques apoyados en el suelo y tanques elevados, cada uno dotado de un dosificador o hipoclorador para darle el tratamiento y volverla apta para el consumo humano.

Desde el punto de vista de su localización con relación a la red de distribución se distinguen.

- Tanques de cabecera, se sitúan aguas arriba de la red que alimentan. Toda el agua que se distribuye en la red tiene necesariamente que pasar por este tanque.
- Tanques de cola, estos se sitúan en el extremo opuesto a la red, en relación al punto en que la línea de aducción llega a la red. No toda el agua distribuida por la red pasa por el tanque de cola.

2.1.4.1.7. Red de distribución

Una Red de Distribución de Agua Potable es el conjunto de tuberías trabajando a presión, que se instalan en las vías de comunicación de los Urbanismos y a partir de las cuales serán abastecidas las diferentes parcelas o edificaciones de un desarrollo. Consta de, tuberías principales, secundarias, terciarias y domiciliarias.

El primer paso en el diseño de la Red de Distribución de Agua Potable es la definición de su trazado en planta, para lo cual es necesario estudiar las características de la vialidad, de la topografía y de la ubicación de los puntos de alimentación y estanques. Específicamente es necesario contar, como mínimo, con la siguiente información:

- Proyecto de Urbanismo del sector a dotar con la Red de Distribución.

Específicamente, es necesaria la configuración de la vialidad que da acceso a las distintas parcelas y edificaciones, dado que el trazado se realizará principalmente siguiendo dicha configuración. Esto con miras a garantizar el libre acceso a la infraestructura para eventuales reparaciones y sustituciones por parte de la empresa operadora del sistema.

- Punto(s) de alimentación de la red.

La forma en que será alimentada la Red establecerá en gran medida la ruta de sus tuberías principales, por lo tanto, es necesario tener en cuenta la ubicación de estanques compensadores existentes, así como de tuberías matrices de distribución desde la cual se abastecerá la Red a diseñar.

- Planos de Construcción o Catastro de Otros Servicios.

Eventualmente el trazado de la Red de Distribución de Agua Potable a diseñar podrá verse influenciado por la existencia de otras tuberías en las vías de comunicación del sector en estudio.

Existen dos tipos de redes de distribución, las cuales se mencionan a continuación:

- Red de distribución abierta.

Este tipo de red de distribución se caracteriza por contar con una tubería Principal de distribución (la de mayor diámetro) desde la cual parten ramales que terminarán en puntos ciegos, es decir sin interconexiones con otras tuberías en la misma red de distribución de agua potable.

- Red de distribución cerrada.

En este tipo de red, se logra la conformación de mallas o circuitos a través de la interconexión entre los ramales de la red de distribución de agua potable.

Ante la posibilidad de tener que escoger entre una red de distribución de agua potable del tipo abierta o una del tipo cerrada, es conveniente tener en cuenta varios aspectos.

La principal desventaja de las redes del tipo abierto es que, ante la falla o rotura de alguna de las tuberías que la conforman, se tendrá que afectar (dejar sin servicio) a todos los usuarios que estén atendidos desde las tuberías aguas abajo de la rotura, mientras se realiza la reparación necesaria.

Por otro lado, la ventaja principal de las redes cerradas es que este tipo de configuración es el más conveniente desde el punto de vista de eficiencia y de garantía del servicio. Es decir, ante la posible rotura de alguna de sus tuberías, se logrará afectar a menor cantidad de usuarios, al establecerse rutas alternas al flujo a través de las mallas que conforman a la red.

En cuanto a cálculo, una pequeña ventaja que tiene la red de distribución de agua potable del tipo abierta, es que su resolución es directa, limitándose

al cálculo de las pérdidas en cada tubería, para los caudales en tránsito, para obtener posteriormente los valores de Piezométrica y Presión en cada Nodo de ella. En el caso de las Redes Cerradas, es necesario realizar el balance de los caudales en tránsito en las tuberías, dada la relativa complejidad en la forma en que se realiza la distribución, razón por la cual es necesario recurrir a métodos iterativos como el Método de Cross, para su resolución.

Cabe destacar que con frecuencia es conveniente y de permitirlo las características del urbanismo, la colocación en la red de tuberías que no alimentarán de manera directa propiedad alguna, de forma tal de forzar a que se establezcan alternativas de flujo en caso de falla de algunos de los ramales de la red (conformación de mallas).

Por esta razón, en la mayoría de los desarrollos urbanos, la selección será por la conformación de una red de distribución de agua potable del tipo cerrada, pese a que pueda representar la colocación de mayor cantidad de tuberías, con el correspondiente incremento de costos. En estos casos predomina el criterio operativo o de confiabilidad sobre el económico.

La línea de conducción se inicia en la fuente u obra de captación y finaliza en la primera casa de la comunidad y la red de distribución inicia en la primera vivienda del usuario del sistema.

2.1.5. Alcantarillado sanitario y aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas que se desechan producto de las diversas actividades de los hombres, pueden ser también agua que contienen excretas o han sido contaminadas por ellas. El termino aguas servidas se utiliza para denominar las aguas productos de las actividades domésticas como el lavado de ropa, aseo del hogar, higiene personal o de industrias, fabricas u hospitales.

Al referirse a alcantarillado sanitario, hablamos de todas las obras destinadas a colección, transporte, bombeo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales o servidas. Es importante la red de alcantarillado sanitario, pues funcionando de manera correcta contribuye a la prevención de enfermedades de

diversa índole, además alejándolas de animales que puedan facilitar la propagación de dichas enfermedades.

Un sistema de alcantarillado sanitario es considerado un servicio básico y de primera necesidad, sin embargo, no siempre se dispone de ellos, siendo una situación altamente ilustrada en los países sub-desarrollados y en vías de desarrollo.

En Nicaragua existe mucha deficiencia en cuanto a su cobertura, además que en las zonas donde si hay cobertura, también son obras que la mayoría sobrepasan su vida útil, implicando que en su mayoría requieren de rediseños, rehabilitaciones y ampliaciones, dado que no se garantiza el correcto funcionamiento de estos sistemas a largo plazo.

Para la salud y bienestar de la sociedad en su conjunto, es inherente la necesidad de contar con un abastecimiento de agua seguro y conveniente, así como un sistema de recolección, evacuación y tratamiento de las aguas servidas que la población de una localidad produce.

2.1.5.1. Características físicas de las aguas residuales

Las características físicas más importantes del agua residual es su contenido:

Sólidos totales.

Tabla 3. Clasificación de sólidos totales, fuente: es.slideshare.net

Clasificación de los sólidos totales			
SOLIDOS TOTALES	Suspendidos (30%)	Sedimentables (50%)	Orgánicos Volátiles (75%)
			Orgánico Fijo (25%)
		No Sedimentables (50%)	Orgánicos (75%)
			Inorgánicos (25%)
	Sólidos Disueltos (70%)	Coloidal (10% - 20%)	Orgánicos (80%)
			Inorgánicos (20%)
		Disuelto (80% - 90%)	Orgánicos (40%)
			Inorgánicos (60%)

Sólidos que proceden de inodoros, fregaderos, baños, lavaderos etc. El contenido total de sólidos se puede definir como toda la materia que queda como residuo de evaporación de 103 a 105° C. La materia que tenga una presión significativa a dicha temperatura, se elimina durante la evaporación y no se define como sólido.

2.1.5.1.1. Temperatura.

La temperatura del agua residual es mayor que la del suministro, esto es por adición de agua caliente que procede de las casas y actividades industriales. La temperatura media anual del agua residual varía de 10 a 20 grados, siendo 15° un valor representativo. Es un valor muy importante debido al efecto en reacciones químicas y la velocidad de ellas o aplicabilidad del agua a usos útiles.

2.1.5.1.2. Color.

La edad del agua se determina cualitativamente por su color u olor; normalmente el agua residual reciente posee un color gris, cuando los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias, el oxígeno disuelto en el agua residual se reduce a cero y el color cambia a negro (estado séptico).

2.1.5.1.3. Olor.

Los olores en el agua son a causa de los gases producto de la descomposición de la materia orgánica. El olor del agua residual reciente no es agradable, pero aun así es más tolerable que cuando pasa a estado séptico. El olor más característico del agua residual séptica es del sulfato de hidrógeno el cual es producido por los microorganismos anaeróbicos que reducen los sulfatos a sulfuros.

2.1.5.2. Características químicas de las aguas residuales

2.1.5.2.1. Materia orgánica

Proceden de los reinos animal y vegetal y de actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están formados generalmente por una combinación de carbono, hidrógeno y oxígeno,

junto con nitrógeno en algunos casos. Otros elementos importantes tales como azufre y hierro pueden hallarse también presentes.

2.1.5.2.2. Materia inorgánica

Las concentraciones de sustancias inorgánicas en el agua aumentan por la formación geológica con la que el agua entra en contacto y también por las aguas residuales, tratadas o sin tratar, que descargan en ellas.

Las concentraciones de los constituyentes inorgánicos aumentan igualmente debido al proceso natural de evaporación que elimina parte de las aguas superficiales y dejan las sustancias inorgánicas en el agua.

Puesto que las concentraciones de los distintos constituyentes inorgánicos pueden afectar grandemente el uso del agua, conviene examinar la naturaleza de algunos de ellos, especialmente los añadidos al agua superficial por el ciclo de su utilización.

2.1.5.2.3. Medida del contenido orgánico

Con el pasar de los años se han ido desarrollando una serie de ensayos para determinar el contenido orgánico de las aguas residuales. Los más utilizados son los siguientes:

2.1.5.2.4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): Que es el parámetro de la polución más empleado, este se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica.

2.1.5.2.5 Demanda química de oxígeno (DQO): Se estima la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica e inorgánica existente en el agua.

2.1.5.2.6 Carbono orgánico total (COT): Medición de la materia orgánica en el agua, concretamente el carbono orgánico presente.

Complementando estos ensayos de laboratorio se cuenta también con el llamado Demanda Teórica de Oxígeno (**D.T.O**): que se determina a partir de la formula química de materia orgánica

2.1.5.2.7 Gases.

Los gases más frecuentes en el agua residual cruda (sin ningún tratamiento) son:

- Nitrógeno (N₂)
- Oxígeno (O₂)
- Anhídrido Carbónico (CO₂)
- Sulfuro de Hidrogeno (SH₂)

Para la recolección y evacuación de las aguas pluviales y residuales de las ciudades, son adoptados los siguientes sistemas de alcantarillado:

Sistema Combinado.

Es el sistema que capta y conduce simultáneamente al 100% las aguas pluviales y residuales, pero que dada su disposición dificulta su tratamiento posterior y causa serios problemas de contaminación al verterse a cauces naturales y por las restricciones ambientales se imposibilita su infiltración.

Sistema Semicombinado.

Se denomina al sistema que conduce el 100% de las aguas negras que produce un área o conjunto de áreas, y un porcentaje menor al 100% de aguas pluviales captadas en esa zona o zonas, que se consideran excedencias, que serían conducidas por este sistema de manera ocasional y como un alivio al sistema pluvial y/o de infiltración, para no ocasionar inundaciones en las vialidades y/o zonas habitacionales.

Sistema Separado.

El sistema separado de alcantarillas, es concebido para recibir exclusivamente las aguas residuales de la actividad urbana, haciéndose el alcantarillado pluvial un sistema propio e independiente.

2.1.5.3. Componentes de un sistema de alcantarillado convencional

2.1.5.3.1. Conexiones domiciliarias

Se denominan de esta manera a los componentes que recolectan los aportes de aguas residuales de una casa o edificio y la conducen a la red municipal.

2.1.5.3.2. Conductos

Atarjeas: Son las tuberías de diámetro mínimo dentro de la red que se instalan a lo largo de los ejes de las calles de una localidad y sirven para recibir las aportaciones.

Sub-colectores: Son los conductos que reciben las aportaciones de aguas residuales provenientes de las atarjeas, poseen un diámetro mayor y sirven también como líneas auxiliares de las colectoras.

Colectoras: Son conductos que se localizan en las partes bajas, cuya función es capturar todas las aportaciones provenientes de sub-colectoras, atarjeas y descargas domiciliarias.

Emisor: es un conducto comprendido entre el final de la zona de una localidad y el sitio de vertido. Su función es transportar la totalidad de las aguas captadas por la red de alcantarillas.

Por economía los componentes deben ser una réplica subterránea del drenaje natural superficial, es decir el escurrimiento debe ser por gravedad, a excepción de condiciones muy particulares donde se requiera bombeo.

2.1.5.3.3. Estaciones de bombeo.

Sera necesario recurrir a estaciones de bombeo, cuando sea necesario elevar el agua residual que se encuentra en una cota inferior a otra superior. Debe de hacerse solamente cuando sea estrictamente necesario ya que su valor es muy elevado.

2.1.5.3.4. Tuberías de ventilación.

Tienen por objeto la eliminación al exterior de los gases originados por la materia orgánica en descomposición y evitar la pérdida del sello hidráulico de los sifones por cualquiera de los fenómenos de sifonamiento, que puede ser por compresión, aspiración o auto-sifonamiento.

2.1.5.3.5. Sifones.

Son dispositivos que, por medio de un sello hidráulico, evitan el paso de gases a la red de evacuación al interior de cualquier instalación. El sifón debe permitir que los sólidos arrastrados por el agua pasen fácilmente y no favorecer a la sedimentación de estos.

2.1.5.3.6. Registros.

También llamados bocas de limpieza, su uso es de vital importancia en cualquier sistema de aguas servidas; situados en cualquier cambio de dirección mayores de 45°, bajantes y en líneas rectas de tuberías a cada 10 o 15 metros.

2.1.5.4. Disposición final

Todas las aguas servidas recolectadas en el sistema serán dirigidas a un pozo de visita de ENACAL debidamente autorizado que presenta las condiciones óptimas para la conexión y evacuación hacia el sistema de tratamiento municipal.

2.1.5.5. Dispositivos de inspección y limpieza

En los alcantarillados convencionales es necesario proyectar pozos de inspección en arranques, cambio de pendientes, cambios de diámetro o dirección, en la intersección de dos o más colectores y en tramos rectos con longitudes superiores a 100 m. El modelo de estos pozos es similar para cada una de estas condiciones mientras que los alcantarillados simplificados utilizan modelos diferentes para cada caso, con estructuras más simples y de menor costo. (INAA, 1999)

Pozos de visita sanitarios (PVS)

Son estructuras verticales, generalmente compuestas de un cono excéntrico y base que permiten el acceso a los conductos colectores.

Ubicación de los Pozos de Visita Sanitarios (PVS)

Los pozos de visita sanitarios se colocarán:

- En los cambios de dirección.
- En los cambios de diámetro.
- En los cambios de pendiente.
- En las intersecciones de calles.

El espaciamiento máximo entre PVS puede variar en dependencia de la topografía o diámetro de tuberías. Se deberá tener una separación máxima de 100m para alcantarillas de 15" y menores, de 120 m para alcantarillas de 18" y mayores; en situaciones que la topografía no permita aplicar estos valores de espaciamiento, es justificado utilizar separaciones especiales. (INAA, 2005).

El PVS podrá ser construido totalmente de concreto, o con el cuerpo de ladrillo cuarterón apoyado sobre una plataforma de concreto. En el caso que el cuerpo sea de ladrillo éste deberá repellarse con mortero interna y externamente para evitar la infiltración en ambos sentidos.

Todo PVS deberá estar provisto en la parte superior de una tapa que permita una abertura de 0.60 m de diámetro, la cual deberá estar dotada de 2 orificios de 0.03 m de diámetros para proveer el escape de gases.

El pozo de visita deberá ser provisto en su interior, de peldaños con diámetro no menor de 15 mm de aleación de aluminio, separados verticalmente 0.30 m.

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Periodo de diseño

El proyecto tiene como fin brindar un servicio permanente, suministrando agua de calidad y brindando a la población una red de descargas de aguas residuales, de esta manera atender la demanda de la población que se estima se alcanzará en un periodo de 20 años, siendo el año 2017 nuestro año base.

3.2. Estudios básicos

El dimensionamiento del proyecto se basará en los criterios técnicos y en la información obtenida de los estudios básicos reseñados a continuación.

3.2.1. Topografía

Se realizarán levantamientos topográficos de planimetría y altimetría de las calles del sitio, incluyendo los predios del tanque y además de incluir los alineamientos y sitios donde se ubiquen los nuevos elementos y redes de los acueductos.

3.2.2. Sondeos geotécnicos

Se recopilará información geológica y estratigráfica (composición, estructura y propiedades físicas y mecánicas). Características y propiedades físicas de los acuíferos.

Se realizarán sondeos de suelos con profundidad variable orientados a cubrir todos los sectores del proyecto con el objetivo de determinar las características del material subyacente en el subsuelo, así como conocer la estratigrafía y las características físicas – mecánicas del subsuelo.

3.2.3. Análisis de calidad del agua

Se harán análisis físico químico y bacteriológico de las aguas de pozos cercanos en base al capítulo III de la NTON (INAA, 1999) cuyas normas de calidad del agua han sido adoptadas de la Norma Regional de Calidad del Agua para Consumo Humano (CAPRE, 1993)

3.2.4. Cálculo de la población

La urbanización estará conformada por 370 lotes, cuyo tamaño mínimo es de 10.00 m x 16.00 m. Se asumirá un hacinamiento de 6 personas por lote que es la media del departamento (INIDE, 2005). ⁷Para determinar la población a beneficiar se multiplicará la cantidad de lotes por la media de hacinamiento.

Tabla 4. Índice de crecimiento poblacional

AÑO	POBLACION	DOTACION(LPPD)
2017	300	150
2018	600	150
2019	900	150
2020	1200	150
2021	1500	150
2022	1800	150
2023	2220	150
2024	2220	150
2025	2220	150

3.3. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA ZONA

3.3.1. Síntesis Local

La ciudad de Chinandega está localizada en la región fisiográfica de "La Llanura Costera del Pacífico" y más precisamente en la Cuenca Hidrogeológica de León-Chinandega.

El acuífero que constituye la Cuenca está constituido por depósitos piroclásticos (lapilli, cenizas, pómez, tobas volcánicas) y aluviones recientes (Q), que se extienden sobre una superficie de alrededor de 1500 km².

En la parte más importante del acuífero, los depósitos piroclásticos-aluviales rellenan una fosa tectónica de unos 26 km de largo y unos 10 km de ancho, orientada NO-SE, que se extiende desde la ciudad de León hasta la ciudad de Chinandega, pasando por Chichigalpa y Chinandega.

⁷ INIDE. (2008). Chinandega en cifras.

El espesor promedio del depósito acuífero se evalúa en alrededor de unos 100 m; los espesores máximos alcanzan los 300 m, en la parte central de la Cuenca cerca de las faldas de la Cordillera de Los Maribios, y disminuyen hacia el SO. En la zona de la ciudad de Chinandega, los espesores se calculan de unos 60 m.

La base del acuífero es la formación Tamarindo, constituida por materiales impermeables (ignimbritas, andesitas) de edad Mioceno, que constituye el fondo de la fosa tectónica que aflora en varias partes de los bordes, especialmente

Según datos de 1968-71 (Naciones Unidas.1971), las fluctuaciones anuales de los niveles piezométricos, registradas en algunas decenas de pozos de observación (pozos cavados y perforados), indican que hay muy pequeñas diferencias entre los altos (octubre-noviembre) y los bajos (abril-mayo) niveles freáticos, que varían entre unos dos metros.

En los años 1970 se calculaba que la cantidad de agua subterránea extraída anualmente, a través de pozos perforados y cavados alcanzaba unos 97 m³/h, distribuidos de la siguiente manera: 9.7m³/h para uso potable, 12.8³/h para uso industrial, 69m³/h para uso de riego (todo extraído de pozos perforados) y los restantes 5.5 m³/h para uso rural (extraídos a través de pozos excavados a mano).

Los estudios de detalle hechos por las Naciones Unidas entre 1971-74 reportan que la potencialidad de este acuífero es muy elevada. En efecto la recarga total, para el año 1970-71, ha sido evaluada en alrededor de 622 m³/h (583 como percolación de lluvias, igual al 23% de las precipitaciones sobre el área de afloramiento y 39 m³/h como flujo de retorno).

La cantidad total de agua subterránea que, por el mismo año, no estaba siendo empleada y que salía del acuífero, ha sido evaluada en 528 m³/h, distribuidos de la siguiente manera: 471 m³/h como caudal de base de los diferentes ríos, 18 m³/h como evapotranspiración y 39 m³/h como caudal subterráneo hacia el mar. De estos, se asume un volumen directamente recuperable a través de pozos de aproximadamente 397 m³/h, o sea cerca del 75%.

3.3.2. Caracterización climatológica de la zona de influencia.

3.3.2.1. Régimen de Precipitación

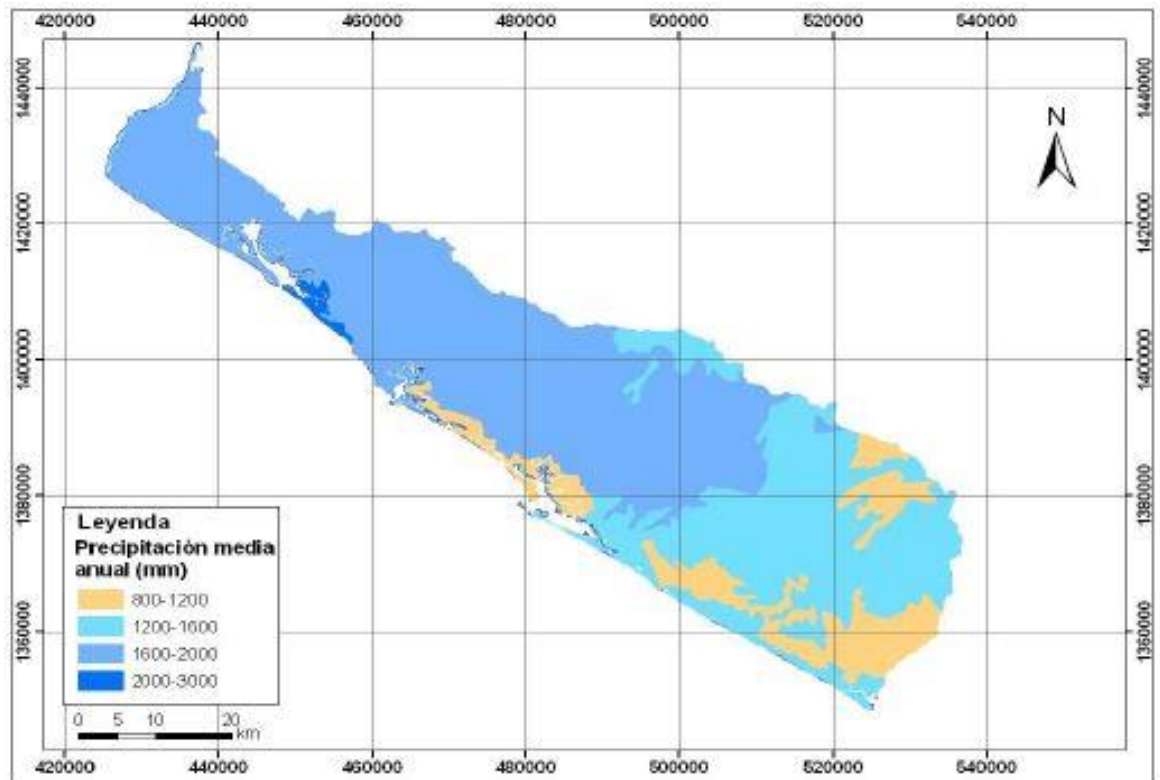
Como resultado del análisis de los datos mensuales de precipitación, se pueden observar en la región, dos períodos bien marcados: uno relativamente seco, que se extiende desde diciembre hasta el mes de marzo y otro lluvioso, que abarca desde el mes de mayo hasta octubre, siendo noviembre y abril meses de transición entre la época lluviosa y la seca y de la época seca a la lluviosa, respectivamente.

Durante el período seco las precipitaciones son escasas en toda la región, manifestándose dicha sequedad en la interrupción de las corrientes en la mayoría de los ríos. En el período lluvioso se incrementa considerablemente la precipitación, ocurriendo los máximos en los meses de mayo, junio, septiembre y octubre, cuando el flujo del viento adquiere una componente Sur/Suroeste bien definida. Una característica importante que se manifiesta a mitad del período lluvioso, expresada en una disminución significativa de la precipitación, que ocurre generalmente entre los meses de Julio y Agosto; fenómeno conocido como La Canícula.

La precipitación anual para las estaciones utilizadas en el estudio; se puede observar que los valores medios anuales oscilan entre 1,152 mm y 2,648 mm.

Respecto a la distribución espacial de la precipitación dentro de los departamentos de Chinandega y León, se puede decir que los valores máximos de ésta se encuentran ubicados en tres zonas:

Figura 7. Precipitación media anual cuenca 64. Fuente: INETER



Una que va paralela a la costa del Pacífico; la otra al Norte de la Cordillera Volcánica, en los sectores de Villa Nueva, Nacascolo y Achuapa, y la tercera se localiza al inicio de las mesas escalonadas de la Meseta Central, entre los sectores de San José de Cusmapa y Cerro El Pataste. Es decir que la región de estudio presenta 3 núcleos de alta pluviosidad, con valores del orden de 2,000 mm, uno alrededor del Ingenio San Antonio, el otro en el sector de Villa Nueva y el tercero en el entorno del cerro El Pataste.

Por otra parte, los mínimos de precipitación acumulada anual se presentan al Noreste de la cordillera volcánica, en las localidades de Mina la India, Santa Bárbara y San Isidro de Barbacoa. Aunque no están localizadas dentro del área de estudio, se hace referencia a estas localidades, porque fue necesario incluirlas para obtener una visión más regional de las precipitaciones.

3.3.3. Geología característica del acuífero de occidente.

En el contexto general, el territorio de Nicaragua está dividido en cuatro provincias geológicas, con características geológicas y geomorfológicas bien definidas, como son:

- La Faja de la Costa del Pacífico.
- La Gran Depresión de Nicaragua.
- La Región Central de Nicaragua.
- La Planicie Costera de la Costa Atlántica.

El acuífero de occidente está ubicado en las dos primeras provincias, que a su vez se dividen en tres unidades geomorfológicas las cuales se muestran en la

3.3.3.1. Faja de la Costa del Pacífico

La faja de la Costa del Pacífico, en el área de estudio comprende dos unidades geomorfológicas: la Planicie León-Chinandega y las Mesetas del Tamarindo, las cuales se describen brevemente a continuación.

Planicie de León – Chinandega:

Es una extensa llanura de origen volcánico, con una pendiente de más o menos 2% hacia el SO, ocupa un 70% del área de estudio y comprende las partes bajas de los departamentos de Chinandega y León (incluye los municipios de Nagarote, La Paz Centro, León, Chinandega, El Viejo y Tonalá). Está comprendida entre las cotas cero y cien metros sobre el nivel del mar (0 y 100 msnm), y hacia el SO bordea casi en su totalidad las zonas más altas que corresponden a las Mesetas del Tamarindo.

3.3.4. Lito-Estratigrafía de las Rocas Terciarias y Cuaternarias

La litoestratigrafía de las rocas terciarias y cuaternarias está representada en la zona a través de las formaciones geológicas presentes en el área de estudio, las cuales se presentan en forma resumida en el Cuadro No.1. Para efecto de la definición de la composición litológica de los productos volcano -sedimentarios que componen el acuífero se elaboraron perfiles lito-estratigráficos que fueron

presentados en el Estudio MAGFOR - INETER, los cuales abarcan un área desde Nagarote hasta Chinandega.

Dentro de esta zona se observaron que la mayoría de los pozos perforados poseen una profundidad perforada promedio no mayor a los 100 m, lo cual los clasifica en la categoría de pozos parcialmente penetrantes con respecto al acuífero, por tal razón, la unidad geológica que se penetra totalmente es la unidad cuaternaria {Q}, y presenta penetración parcial a la formación geológica conocida como Las Sierras. Ambas conforman la zona saturada denominada "el relleno".

Tabla 5. Formaciones geológicas presentes en el área de estudio

Edad	Cuenca de Sedimentación del Pacífico		Depresión (Graben) Nicaragüense	
	Formación	Composición Litológica	Formación	Composición Litológica
Reciente Holoceno	Relleno coluvio-Aluvional	Arena, grava, arcilla	Aluvional	Arena, grava, arcilla
			Volcánico – Reciente	Piroclastos no consolidados y flujos lávicos densos
Plio-Pleistoceno	Fm. Las Sierras	Tobas líticas, aglomeráticas, pómez, sedimentos litorales	Fm. Las Sierras	Tobas líticas, aglomeráticas, pómez, sedimentos litorales
Mioceno	Fm. Tamarindo	Ignimbritas, tobas, flujos andesítico-basálticos	Fm. Tamarindo	Ignimbritas, tobas, flujos andesítico-basálticos
	Fm. El Fraile	Arenisca, limolita, caliza.		

3.3.5. Rocas Terciarias del Mioceno

3.3.5.1. Formación El Fraile (Tmf)

Está formada por aglomerados, areniscas, lutitas, conglomerados, limonitas y calizas que yacen paralelos a la costa y depositados en un ambiente de aguas poco profundas en el período comprendido del Mioceno Medio al Plio-Pleistoceno Inferior.

La potencia máxima del Fm El Fraile es de aproximadamente 2,700 m, aunque estudios recientes no publicados (INE-1995) presentan una potencia menor, estimada en unos 1,600 m. En el área de estudio los sedimentos de la Formación El Fraile afloran en una pequeña área de 50 km cuadrados aproximadamente, localizándose desde la parte SO de la Hoja Nagarote hasta el Estero La Garita en Salinas Grandes, interdigitándose con la Fm. Tamarindo y perteneciendo ambas al mismo período geológico de formación.

Los sedimentos de El Fraile están restringidos a pequeños afloramientos aislados, topográficamente bajos, los que están cubiertos por sedimentos del cuaternario aluvial de los esteros El Tamarindo, Estero Ciego y de los ríos Salinas Grandes, e Izapa. Hacia el NO del área no existen más afloramientos de El Fraile.

La Fm. Fraile aflora en una limitada área del acuífero y podría considerarse que no se encuentra en contacto directo con los sedimentos del acuífero principal y que, por lo tanto, no representa gran importancia como basamento ni como barrera del acuífero en la subzona occidental, ya que, según las descripciones litológicas de los pozos totalmente penetrantes perforados, éstos solamente alcanzaron rocas volcánicas, pero probablemente no sea así en la subzona oriental.

Hay que considerar que la potencia de la Fm. Tamarindo es aproximadamente tres veces menor que la de El Fraile, con lo cual no es posible descartar la posibilidad de que la interdigitación entre ambas formaciones persista aún en las proximidades a la cadena volcánica. Esta hipótesis se vería corroborada o

rechazada solamente realizando perforaciones profundas en diferentes sitios, y acompañados de los análisis recomendados.

3.3.5.2. Formación Tamarindo (Tmt)

Las rocas de la Formación Tamarindo de edad Mioceno, , son las más antiguas que afloran en la Costa del Pacífico y se extienden en forma de faja alargada de rumbo NO-SE a lo largo de la costa, al Sur de León y en Hoja Nagarote y algunas veces se reducen a pequeñas colinas aisladas en Chinandega, Corinto y Tonalá. La formación empieza litológicamente con andesitas y aglomerados, y culmina con tobas e ignimbritas dacíticas, riodacitas, hasta riolíticas. J. Kuang (1971) litológicamente la dividió en tres miembros, los cuales se presentan en el siguiente cuadro.

Tabla 6. Composición litológica de la formación tamarindo.

Miembro de la Formación	Simbología	Composición Litológica	Potencia(m)	Afloramientos
Miembro Superior	Tmts	Ignimbritas riolíticas	100	Zona alta del cerro El Tablón
Miembro Medio	Tmtm	Ignimbritas dacíticas a riolíticas Tobas andesíticas a riodacitas aglomerados	150-200	Desde el puente Izapa hasta la loma El Mojón del Carnero, en Nagarote
Miembro Inferior	Tmti	Flujos lávicos andesíticos-basálticos	300	Tonalá: Cerro San Onofre, Cerro El Peligro León: Base de los cerro Picado, Sn Fco., Lópalo y Cerro Grande

3.3.5.3. Formación Coyol

Estas rocas, de edad Plioceno, sobreyacen discordantemente sobre la Formación Tamarindo, ocupando en el área de estudio la mayor parte de las rocas aflorantes en el extremo NO de Tonalá. El Coyol Superior está compuesto predominantemente por flujos lávicos basálticos y lentes de aglomerados hacia la base. los basaltos son masivos de color gris oscuro, frecuentemente vesiculares con óxido de hierro en las zonas de fractura, los aglomerados están compuestos por bombas, bloques de basaltos vesiculares y andesíticos.

En este tipo de rocas, aunque sean impermeables, las aguas circulan a través de las fracturas, grietas, diaclasas y planos de falla, creando una permeabilidad secundaria en ellas.

3.3.6. Rocas Terciaria-Cuaternarias - Plio-Pleistoceno

3.3.6.1. Formación Las Sierras (TQPs)

Esta formación, de edad Plio-Pleistoceno, se formó al final del Terciario e inicio del Cuaternario. Litológicamente se compone de una gran variedad de productos piroclásticos, basálticos y andesíticos de regular compactación, de pobre a mediana cementación, de granulometría fina a gruesa, producto de erupciones volcánicas relacionadas a los centros del vulcanismo pleistoceno, con un espesor aproximado de 650 metros (J. Kuang 1971). Estos depósitos afloran principalmente en la Depresión Nicaragüense y en el área de estudio afloran en Nagarote, al Este de León y Chichigalpa y Oeste de Chinandega, sobreyacen en forma discordante sobre la Formación Tamarindo.

Según informe de la ONU-1971, el mayor espesor de la formación Las Sierras encontrado en el área de estudio es el perforado por el pozo PP 57/TL, cuyo espesor alcanzó los 230 m aproximadamente, en donde hace contacto con una capa de arcilla plástica que corresponde probablemente a la alteración de las rocas de la infrayacente formación Tamarindo. El contacto de la Fm. Las Sierras con las formaciones subyacentes son discordantes. Estratigráficamente la

formación se divide en tres miembros, los que se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 7. Composición litológica de la formación las sierras.

Miembro de la Formación	Simbología	Composición Litológica
Miembro Superior	TQps	Capas gruesas de tobas de color café claro en parte rosadas; hacia el tope presentan intercalaciones con capas de lapilli-basáltico de color oscuro, siendo dominante en las partes superiores, así como pisolitos y suelos fósiles limo arcillosos
Miembro Medio	TQpm	Aglomerados tobáceos y pómez en menor cantidad
Miembro Inferior	TQpi	Compuesto por tobas aglomeradas poco cementadas depositadas en un ambiente marino playero (gran cantidad de fósiles lamelibranquios)

3.3.6.2. Rocas Cuaternarias - Holoceno -Reciente

La composición de las rocas cuaternarias es una combinación de rocas de origen volcánico y volcano sedimentario, presentando en su mayoría una composición andesíticas en el caso de las tobas y cenizas de tono grises, escoria, lapilli y flujos lávicos y en menor grado de composición ácida, en el caso de las pómez/flujos pumíticos.

La litología es un poco variable a como se deduce del análisis de los perfiles hidrogeológico-estratigráficos elaborados en el área de Nagarote a Chinandega y a los datos de las tres perforaciones realizadas en el marco del Proyecto.

En ellos se aprecia que en la zona de Nagarote-La Paz Centro son características las intercalaciones de lentes (10-15 m y hasta más) de pómez y escoria, lentes que tienden notablemente a disminuir hacia León y más aún hacia Chinandega. Estos estratos pumíticos y escoriáceos son producto del

volcanismo explosivo de la zona de Nagarote-La Paz Centro, donde se pueden localizar estructuras caldéricas residuales que dieron origen a estos productos volcánicos (Caldera de Monte Galán, Caldera de San Fernando, Caldera de Malpaisillo, Caldera de Apoyeque, Caldera de Nejapa y otras más de pequeña escala).

Estos estratos se encuentran intercalados con estratos de tobas limosas, tobas arenosas y areno- arcillosas, limos y en pocos casos, con lentes de arcillas. Más hacia Occidente (León-Chinandega), los estratos predominantes son las tobas líticas aglomeráticas de composición heterogénea, de color gris, con variaciones en los contenidos de arena y arcilla en la matriz y de compactación media, con intercalaciones de tobas brechosas, tobas limosas y tobas arenosas. Granulométricamente se clasifican en limos, arenas, arcillas y gravas. Se observan escasos lentes pumíticos de poco espesor.

3.3.6.3. Piroclastos Recientes y Flujos Lávicos

Descansan discordantemente sobre la Formación Las Sierras y en algunos sectores de la zona costera sobre la Formación Tamarindo. Tienen un espesor de hasta 120 m en el sector de Chinandega (N.U. 1974), se acuñan hacia la zona costera y hacia los extremos Oeste y Noroeste del área. Son rocas fragmentarias de cenizas, lapilli, arenas, bombas, bloques y pómez, producto de explosiones volcánicas de la Cordillera de los Maribios que han sido depositados en la planicie por el viento con dirección predominante E-NE.

Los Piroclastos que afloran en el área de estudio son una asociación de varios fragmentos de poca consolidación, los cuales, alternados forman bancos de pseudo estratificación, producto de las deposiciones graduales de estos materiales durante las explosiones volcánicas. En el proceso de sedimentación los materiales piroclásticos más gruesos se han depositado en lugares próximos a la cadena volcánica y los más finos cerca al mar.

Los flujos lávicos son de composición andesítico basáltico, en menor proporción. Están restringidos a las laderas de los volcanes de la zona occidental de la

Cordillera de los Maribios. En pozos perforados del sector de Chinandega, algunas coladas de lavas se encuentran intercaladas con los depósitos piroclásticos, evidenciados en el pozo **PP 3/CH** (propiedad de INETER y elaborado para los estudios INETER - MAGFOR).

3.3.6.4. Relleno Coluvio Aluvial

Este tipo de depósitos pleistoceno-holocénicos poco consolidados, afloran en casi todo el Graben de Nicaragua. Son materiales transportados, y depositados (recientemente) sobre las partes bajas de las cuencas de los ríos, y en las laderas poco inclinadas de las zonas altas. Están constituidos por gravas, arenas finas a gruesas, limos, arcillas y suelos arcillosos. En la parte intermedia de los cauces de algunos ríos, estos depósitos presentan cierta clasificación granulométrica (por ejemplo: en el río Télica).

Los depósitos aluviales y coluviales en los valles jóvenes de los ríos son de edad holocénica y están compuestos por guijarros, suelos arenosos y arcillosos, arenas lagunares, arenas de playa, etc. Este tipo de depósitos recientes, al estar constituidos por materiales de granulometría gruesa y bien organizados resultan ser buenos acuíferos, ya que crean buena permeabilidad.

3.3.7. Geología estructural

El área de estudio se encuentra en la Planicie Chinandega-León-Nagarote, localizada entre la zona de la Faja Costera del Pacífico y la Gran Depresión Nicaragüense.

Estructuralmente, la Depresión Nicaragüense está controlada por dos sistemas de fallas regionales normales y paralelas a la costa, las cuales son afectadas por otro sistema de fallas de orientación Noreste-Sureste, que ha producido la segmentación en bloques inclinados y hundidos de las Formaciones Tamarindo y El Fraile.

El marco geológico estructural que se define para el acuífero Chinandega-León-Nagarote está dominado por la presencia de una profunda fosa de origen tectónico, cuya base está compuesta por los diferentes miembros de la

Formación Tamarindo, la que se identifica como el "basamento" o la "barrera hidrogeológica impermeable", donde se retiene el agua que infiltra en la zona alta o zona de mayor recarga, y la cual está rellena mayormente por depósitos cuaternarios aluvionales y piroclastos recientes no consolidados y, en menor grado, por flujos piroclásticos de la Formación Las Sierras, zona que se conoce como "relleno".

3.3.7.1. Relleno

La zona denominada "relleno", una zona muy importante por ser la unidad donde se aloja el acuífero de la Planicie Chinandega-León-Nagarote, está constituida por las dos unidades siguientes:

1. Unidad A: Cuaternario Volcánico Reciente.
2. Unidad B: Depósitos Volcánicos Sedimentarios y Flujos Piroclásticos de la Formación Las Sierras; así como por una intercalación de potentes flujos lávicos, lapilli y tobas diversas.

3.3.7.2. Basamento

El basamento se relaciona con la presencia en el subsuelo de la Formación Tamarindo, la cual se ha tomado como la base del límite inferior del acuífero y que sirve como barrera impermeable donde, relativamente se retienen las aguas que se infiltran en la zona alta. El basamento está formado por rocas ígneas (flujos lávicos y tobas) compactas, algo fracturadas, meteorizadas y alteradas hidrotermalmente en algunas zonas.

El basamento, o Fm. Tamarindo presenta una estructura en forma de fosa o graben, controlada por todo lo que se origina a partir del ambiente geodinámico de las placas tectónicas; se encuentra delimitada por sistemas de fallas normales de rumbos NO-SE y NE-SO, las cuales inciden directamente en su forma estructural. Las rocas del basamento afloran a lo largo de la costa e inician un leve hundimiento hacia el Noroeste y zona Oeste de Chinandega, encontrándose en estas áreas a profundidades de 20-30 m.b.n.m. Luego las rocas experimentan un hundimiento brusco hacia el Este y Noreste de

Chinandega en dirección hacia el interior de la cadena volcánica, donde alcanzan profundidades de hasta 260/280 m.b.n.m. Hacia la zona de Nagarote la fosa probablemente es menos profunda, presentándose a profundidades de 110-120 m.b.n.m.

Los estudios geo-eléctricos revelan que la fosa es profunda, alcanzando 300/400 m en las áreas del ingenio San Antonio, Chichigalpa y Posoltega, así como en Télica y León. En los cortes geo-eléctricos, se observa la presencia en el subsuelo de una zona altamente resistiva ($>10,000 \text{ O. m}$).

3.3.8. Caracterización hidrológica de la cuenca 64

El concepto de ciclo hidrológico es el punto de partida para el conocimiento y el estudio de la hidrología. Si en el ciclo el inicio se visualiza en la evaporación del agua desde los océanos, y que continúa con el transporte del vapor de agua resultante, el cual, bajo condiciones adecuadas se condensa y precipita, el cierre de dicho ciclo corresponde al escurrimiento de las aguas terrestres hacia el mar.

La Cuenca Hidrológica, que es la unidad espacial donde convergen e interactúan todos los procesos del ciclo hidrológico, ha sido la división territorial utilizada como referencia para realizar el presente estudio.

La metodología empleada en un estudio depende de la cantidad y calidad de los datos disponibles, relativos a cada uno de los parámetros que intervienen en el ciclo hidrológico. Por eso, una evaluación precisa de los Recursos Hídricos está estrechamente ligada con la disponibilidad de información confiable.

Partiendo de la nomenclatura de cuencas del territorio nacional que se realizó y adoptó durante el Proyecto Hidro-meteorológico Centroamericano (PHCA), la hidrología superficial del área de estudio está comprendida dentro de las siguientes cuencas hidrológicas: la nº 64, conformada por una serie de ríos cortos, localizados entre el volcán Cosigüina.

Esta cuenca, nº 64, la integran un grupo de pequeñas subcuencas, correspondientes a una serie de ríos cortos que se localizan a lo largo del litoral

del Océano Pacífico, desde el volcán Cosigüina hasta el río Tamarindo, con una superficie de 2,307.51 km².

Entre sus ríos y/o subcuencas más importantes se encuentran: el Atoya con 370.0 km², El Tesorero con 249.94 km², el Sucio con 241.0 km², el Posoltega con 225.99 km², el Quezalaguaque con 225.04 km², El Chiquito con 393.71 km², el Salinas Grandes con 337.45 km² y el Izapa con 264.38 km².

Dentro de esta cuenca, el río Atoya es uno de los que tienen mayor relevancia, con unos 38 Km de longitud, es además, el único que tiene datos de caudales, con 7 años de registros.

3.3.8.1. Características Físicas de Cuencas Principales

Los parámetros físico-geográficos que se pueden evaluar para una cuenca son diversos; para el presente estudio se determinaron las más importantes, como son: área de la cuenca, perímetro, longitud del río, y alturas máximas y mínimas. Los valores de dichas características se ilustran en el siguiente cuadro.

Tabla 8. Características físicas de las cuencas en estudio

SUBCUENCA	AREA	PERIMETRO	LONG. RIO	Hmax	Hmin
	km ²	Km	km	m	m
Atoya	370.00	99.0	38.0	900	0
Tesorero	249.94	81.0	21.2	1600	0
Sucio	241.00	84.0	33.7	1600	0
Posoltega	225.99	97.2	34.6	1000	0
Quezalaguaque o Télica	225.04	98.0	39.0	800	0
Chiquito	393.71	110.0	43.0	800	0
Salinas Grande	337.45	114.2	30.0	600	0
Izapa	264.38	161.0	29.0	900	0

3.3.9. Medio hidrogeológico

El Sistema Acuífero de Occidente (Acuífero Chinandega- León- Nagarote), geográficamente se delimita, desde el Oeste hacia el Este en el siguiente orden:

El límite Noroeste, corresponde al contacto geológico representado por ignimbritas y basaltos de la formación Coyol, localizados al Oeste del Ingenio Monterrosa.

El límite Nor-Noroeste, se corresponde con la divisoria regional de aguas subterráneas, alineado a lo largo de la Cadena Volcánica.

El límite geológico asociado a las ignimbritas de la formación Tamarindo, que se extiende desde unos 15 Km. al Suroeste de León, bordeando las peñas de Poneloya, hasta unos 30 Km. al Sureste de León.

El límite Suroeste del sistema acuífero, lo representa la zona costera del Océano Pacífico.

En la parte Este, el límite se inicia en la divisoria regional de la cordillera de Mateare y luego continúa con dos divisorias hidrodinámicas (se supone que no hay flujos laterales): una se extiende hacia el Suroeste hasta el contacto con la Formación Tamarindo y la otra hacia el lago de Managua.

El acuífero Chinandega- León- Nagarote o Acuífero de Occidente, tiene una extensión total de 2,945.9 km², evidenciando la importancia económica del mismo, tanto por la cantidad como por la calidad de sus aguas donde se encuentra la ciudad de Chinandega

La geometría del basamento, representada por una estructura de fosa o graben, delimitada por sistemas de fallas normales con rumbos NO - SE y NE - SO, forma una cuña cuya parte más delgada se conecta con la zona costera, donde se observan afloramientos del lecho y/o profundidades de 20 a 30 metros bajo el nivel del mar. Mientras que la parte más profunda se incrementa hacia las áreas de la cadena volcánica.

Se observa que dicha geometría es irregular, presentando su mayor basculamiento o hundimiento entre Quezalaguaque y Chichigalpa, donde la profundidad identificada oscila entre 300 y 400 metros bajo el terreno. En general, con respecto al nivel del mar el lecho impermeable se localiza entre 60 y 280 metros bajo el nivel referido.

La parte menos explorada, es el sector Este (Nagarote), no obstante, se estima que en esta área el basamento hidrogeológico se encuentra entre 110 y 120 metros bajo el nivel del mar.

El basamento hidrogeológico, no solo determina la geometría inferior del acuífero (la superior la determina la superficie freática), sino también la condición del flujo subterráneo ya que según los resultados del Modelo Matemático de Agua Subterránea (Capítulo 7), produce flujos verticales ascendentes en la parte baja, principalmente regionales y provoca que los flujos subterráneos más locales (más recientes) se descarguen como flujo base en los ríos, aproximadamente entre las cotas 30 y 70 m.s.n.m.

3.3.10. Composición del acuífero

El acuífero de occidente, está compuesto por depósitos aluviales, piroclásticos recientes y piroclásticos de la formación las Sierras. Los primeros son característicos de la parte superior del sistema acuífero, por lo general aflorante y con mayor espesor en las riberas de los dos (el espesor es variable y oscila de 0 a 30 metros), se representa por gravas, arenas finas a gruesas, limos y arcillas.

Los piroclastos recientes u holocénicos tienen esporádicas intercalaciones con flujos lávicos andesítico-basálticos. En cuanto al medio poroso piroclásticos, se representan por tobas de baja consolidación de mediana a gruesa granulometría, con matriz de ceniza gris, lapillis mediano a grueso (2 -6 mm) vesicular y escoriáceo, lo mismo que flujos de pómez. En general los materiales volcanopiroclásticos alcanzan espesores hasta de 120 metros, siendo mayores hacia la cadena volcánica; en la misma dirección disminuye el grado de consolidación/cementación y granulometría y, consecuentemente el nivel de permeabilidad es mayor hacia la cadena volcánica.

La unidad geológica, correspondiente a la Formación Las Sierras, subyace y en ciertos lugares, se interdigita con el Piroclástico Holocénico, presenta materiales de bajo a medio grado de consolidación, con cierto nivel de cementación. Específicamente en el área de estudio se representa por gruesas capas de

tobas, con intercalaciones de flujos lapillicos y con suelos fósiles lenticulares-limo-arcillosos, con pis olitas, aglomerados tobáceos grises y, en menor proporción por pómez.

Estratigráficamente en forma discordante, le subyace el lecho, o basamento del acuífero asociado a las ignimbritas de la Formación Tamarindo. Según ONU, (1971), el espesor reconocido en el área de estudio (sector de Posoltega (Pozo PP-57 en hoja topográfica Télica), alcanza los 230 metros; aunque en los respectivos centros eruptivos según Kuang J. (1971), el espesor aproximado puede llegar a los 650 metros. El nivel de permeabilidad del material acuífero de la Formación Las Sierras, es obvia mente mayor que el de la formación Tamarindo, pero menor que el del material piroclástico holocénico.

3.3.11. Características Hidrodinámicas

El agua subterránea escurre desde la Cordillera de Los Maribios, donde se encuentra la más importante área de recarga hacia el mar, con un gradiente piezométrico variable de 0.010 hasta 0.002, estimándose un valor promedio de 0.005.

El nivel del agua subterránea (nivel freático) se halla cerca de unos 100 m, a los pies de la Cordillera de los Maribios, y disminuye rápidamente hacia la Costa, donde se encuentra muy cerca de la superficie del terreno. La profundidad media en la zona de la fosa tectónica, donde se encuentran los más grandes es esores de acuífero, es de entre 5 y 25 metros.

El acuífero se encuentra en condiciones generalmente freáticas o, localmente, semiconfinadas. Según pruebas de bombeo efectuadas en algunos pozos durante en estudios precedentes, los valores de transmisibilidad varían desde un mínimo de $34 \text{ m}^2/\text{d}$ hasta un máximo de $6670 \text{ m}^2/\text{d}$ siendo él valor promedio de alrededor de $1370 \text{ m}^2/\text{d}$. Por la zona de El Viejo, el mismo estudio de ONU indica valores de transmisibilidad de alrededor $1500 \text{ m}^2/\text{d}$.

El coeficiente de almacenamiento varía desde un mínimo de 0.02 hasta un máximo de 0.35, siendo el valor promedio, para todo el acuífero, de 0.10 y 0.13

en la parte más cercana del nivel estático. En la zona del Viejo, tal propiedad hidráulica oscila entre 0.10 y 0.20.

Los valores de la capacidad específica de los pozos perforados varían desde 10 m³/h/m hasta 70 m³/h/m, siendo el valor promedio por toda el área de cerca de 20 m³/h/m (50.4 m³/h/m en la zona de Chinandega) (INETER - MAGFOR, 2000).

La superficie freática presenta fluctuaciones estacionales que están en correspondencia con la recarga que recibe el acuífero y la descarga que se hacen de él.

La cantidad de agua extraída actualmente no es conocida, pero se puede estimar que es sin duda inferior a la extraída en los años 1970, en cuanto la extracción más importante, lo representaba para uso de riego. Por otro lado, la cantidad de agua extraída para uso potable ha sido, en cambio, aumentada notablemente, estimándose, una producción actual de 1,407 m³/h.

Las características hidráulicas del material acuífero (T, S y k), la eficiencia de los pozos (capacidad específica) y las curvas características descenso - caudal de los mismos, se conocen debido al estudio realizado para ENACAL por parte del ingeniero Valle en donde concluye lo expuesto a continuación.

Los valores de transmisividad varían entre 818 m²/día y 2651 m²/día, el promedio 1576m²/día y la mediana 1437 m²/día. La permeabilidad (K) las cifras están entre 12.77 m²/día y 54. 14 m²/día, el promedio y la media 32.11 - 33 .44 m²/día respectivamente y la eficiencia de los pozos (capacidad específica) andan entre 37.88 y 79.55 m³/h/m el promedio y la mediana 53.09 y 50.49 m³/h/m respectivamente.

3.3.12. Calculo del Radio de influencia

El Radio de Influencia está definido como la máxima distancia en la cual las reducciones pueden ser detectadas con los instrumentos de medición usuales en el campo.

El Radio de influencia y abatimiento se calcularon por el método de Jacob y Theis, donde se emplearon las siguientes formulas:

$$r = (2.25 Tt / S)^{1/2} \quad (1)$$

$$s = Q W(u) / 4\pi T \quad (2)$$

$$u = r^2 S / 4 T t \quad (3)$$

De donde:

r: Radio de Influencia en metros

S: coeficiente de almacenamiento

2.25: factor de fórmula

s: abatimiento en metros.

T: Transmisividad en m^2/d

Q: Caudal de bombeo en m^3/d

t: tiempo de bombeo

W(u): En Tabla Función del pozo

De igual forma para el abatimiento en los pozos se utilizó la fórmula de Theis (2 y 3) con valores de transmisividad, tiempo de bombeo en horas, el coeficiente de almacenamiento de 0.1 para acuíferos freáticos o libres, así mismo la tabla de la función del pozo de W(u), el valor de transmisividad de los pozos existente es de acuerdo la base de datos y estudios antecedentes los caudales utilizados son los que se bombean.

3.3.13. Evaluación de la Información Hidroquímica

- Carácter Químico

El carácter químico de las aguas subterráneas, del área de la ciudad de El Viejo y sus alrededores, varía entre bicarbonato cálcico y bicarbonato cálcico magnésico.

- Conductividad Eléctrica

Los valores de conductividad eléctrica están entre 350 y 414 Micro-Ohmios/cm, siendo 377.6 y 370 Micro-Ohmios/cms, los valores promedio y medio respectivamente. Según tales valores las aguas subterráneas, son dulces.

- Sólidos Totales Disueltos (STO)

Las concentraciones de sólidos totales disueltos oscilan entre 200 y 240 ppm, siendo 215.8 y 215 ppm, las concentraciones promedio y media, correspondientemente. De acuerdo a dichas concentraciones las aguas

subterráneas son satisfactorias para uso doméstico y consumo humano. El agua con concentraciones de STO muy reducidas puede resultar inaceptable debido a su insipidez.

- Dureza Total

Los valores de dureza se encuentran entre 147.3 y 179.4 ppm. Siendo 160.5 y 162.4 los valores promedio y medio respectivamente. Estos valores están por encima del máximo deseable más alto 100% ppm; pero muy por debajo del máximo tolerable (400-500 ppm). De acuerdo a los contenidos de dureza, en general las aguas son moderadamente duras (120-200 ppm).

Aguas con contenidos de 200 ppm de dureza pueden dar lugar a incrustaciones en el sistema de distribución y en particular en el sistema de calefacción, según cuál sea la interacción con otros factores, como el pH y la alcalinidad, dando además lugar a un consumo excesivo de jabón y a la consiguiente formación de espuma.

No se dispone para la dureza un valor guía basado en criterios sanitarios. No obstante, el grado de dureza del agua puede influir en la aceptación de ésta por el consumidor, debido a sus efectos sobre el sabor y aparición de sus incrustaciones. La aceptación de la dureza del agua por el público, puede ser muy variable según las comunidades, en función de las condiciones locales.

El umbral de sabor del ión calcio es del orden 100-300 ppm, según el anión asociado, y el umbral del sabor del magnesio es probablemente inferior al del calcio. En algunos casos, los consumidores toleran una dureza de más de 500 ppm.

- Concentración del ión hidrógeno (pH)

El pH fluctúa entre 6.4 y 6.9, Siendo 6.68 y 6.60 los valores promedio y medio correspondientemente. Según los valores de pH, las aguas andan en ligeramente alcalinas.

- Temperatura

La temperatura promedio del agua subterránea en el área estudiada es de 29 grados centígrados. Tal temperatura, se encuentra dentro de los límites señalados por la Norma.

El agua fresca es generalmente más agradable que el agua caliente. Las temperaturas elevadas favorecen la proliferación de microorganismos y pueden agravar los problemas de sabor, color, olor y corrosión.

- Calcio

Los contenidos de calcio oscilan entre 30.2 y 38.6 ppm, siendo 33.9 y 34.0 ppm el promedio y medio correspondientemente. Tales valores están muy por debajo del límite máximo deseable indicado en la norma.

- Magnesio y Sodio

Los contenidos de estos parámetros están, muy por debajo del máximo deseable indicado por la Norma.

- Hierro Total

Las concentraciones de este parámetro siempre están por debajo del límite de detección del método (0.083 mg/l), solo el pozo El Tempiscal posee una concentración de Hierro de 0.127 ppm.

Cuando la concentración de este ión es mayor de 0.3 ppm, mancha la ropa lavada y las instalaciones de fontanería. Con concentraciones inferiores a 0.03 ppm, el sabor no suele ser perceptible, aunque el agua puede enturbiarse y colorearse. Las personas que beben agua de pozo anaeróbica pueden considerar aceptables niveles de 1 -3 ppm.

- Bicarbonatos

Los contenidos de bicarbonato están entre 146.4 y 195.3 ppm. Siendo 166.46 y 161.1 ppm los contenidos promedio y medio, respectivamente.

- Sulfatos y Cloruros

Los sulfatos varían entre 11 .94 y 14.74 mg/l, siendo 13.1 y 12.76 ppm los contenidos promedio y medio, respectivamente.

Los cloruros se encuentran entre 12.7 y 27.3, siendo 19. 92 y 19.5 las cifras promedio y medio respectivamente.

Ambos parámetros, se presentan muy por debajo al límite máximo deseable mencionados en la Norma.

- Nitratos

Los contenidos de Nitratos van desde 1 9 .07 hasta 37.99 ppm; siendo 26.62 y 27. 17 ppm los valores promedio y medio respectivamente. Dichos valores se encuentran muy por debajo del límite máximo deseable.

- Nitritos

Todos los contenidos de nitritos están por debajo del límite detectable.

- Fluoruros

Los contenidos de fluoruros se encuentran entre 0.39 y 0.47 ppm, siendo 0.42, el contenido promedio y medio.

La exposición del fluoruro en el agua de bebida depende considerablemente de circunstancias naturales. En el agua no tratada las concentraciones anda, por lo común, entre 1.5 y 10 ppm.

Este compuesto se agrega en ocasiones al agua para prevenir las caries dentales.

Las concentraciones mayores de 1.5 ppm llevan consigo un riesgo creciente de fluorosis dental y concentraciones mucho mayores provocan fluorosis esqueléticas.

Tabla 9. Resultados de los análisis físico-químicos de los pozos próximos al futuro campo de pozos de Chinandega.

Parámetro	Unidad	Pozo La Mora	Pozo Las Pilas	Pozo Las Barbas	Pozo Finca San Ignacio	Norma CAPRE		Método SM//EP A
						Valor Recomendado	Valor Máx. Admisible	
Fecha de Captación		26-Ene-2011						
Aspecto	-	Clara	Clara	Clara	Clara,PM S			Visual
Temperatura	°C	28	28.2	27	28.1	18-32		2550-B
Potencial de Hidrogeno	pH	7.2	7.12	7.3	7.27	6.5-7.5	8	4500-B
Conductividad Eléctrica	µS/cm	294	317	324	249		400	2510-B
Turbiedad	UNT	0.052	0.038	0.039	0.072	1	5	2130-B
Color Verdadero	UC	<1	<1	<1	<1	1	15	2120-C
Alcalinidad (CaCo3)	mg/l	116.4	128.4	149.2	96		400	2320-B
Carbonatos (Co3)	mg/l	0.01	0.01	0.01	0.01	NE		2320-B
Bicarbonatos (HCo3)	mg/l	116.4	128,4	148.4	96	NE		2320-B
Nitratos(NO3)		5.7	5.51	4.59	4.53	25	45	4500-D
Nitritos(NO2)		<0.009	<0.009	<0.009	0.015	0.1	1	4500-D
Cloruros (Cl)		15.23	16	9.6	15.49	25	250	4500-D
Hierro Total (Fe)		0.032	0.041	0.069	0.078		0.3	3500-B
Sulfatos (SO4)		3.11	7.91	4.3	5.51	25	250	4500-D
Dureza Total (CaCo3)		113.28	126.48	128.08	99.92		400	2340-C

Dureza Calcica (CaCo3)		66.88	73.84	71.28	61.6	NE		2340-C
Calcio (Ca)		26.8	30.13	28.57	61.6		100	3500-B
Magnesio (Mg)		11.27	12.79	13.8	9.31		50	3500-B
Manganeso (Mn)		0.021	0.02	<0.020	<0.020		0.5	3500-B
Sodio(Na)		10	11	11.3	7.41	30	50	3500-X
Potasio (K)		2.3	2.45	2.1	1.15		10	3500-C
Flúor (F)		0.524	0.489	0.544	0.537	0.7	1.5	4500-C
Sólidos Disueltos Totales		162.9	175.9	179.4	138.2		1000	2540-C
Indice de Saturación		-0.33	0.2	-0.08	-0.23	0.6	1	2330-C

Los resultados de las concentraciones de Arsénico y metales pesados también fueron analizados y, en todos los casos, los valores reportados se encuentran por debajo de los límites establecidos por las normas CAPRE, según se detalla a continuación. En las aguas subterráneas utilizadas actualmente como fuente de abastecimiento del acueducto de Chinandega cumplen con las normas de consumo humano:

Tabla 10. Análisis del contenido de arsénico y metales pesados de los pozos existentes de Enacal

Descripción	Pozo la Mora	Pozo Las Pilas	Pozo Los Ángeles	Pozo El Calvario	Pozo 12 de Septiembre	Pozo Jirón	NORM A CAPRE
Fecha de muestreo	09-jul-08	09-jul-08	09-jul-08	11-sep-08	13-may-09	13-may-09	
Hg (mg/l)							1
Pb (mg/l)	ND	<LDM	<LDM	ND	ND	ND	10
As Total	3.89	2.93	2.3	2.14	2.84	2.12	10
Zn (mg/l)							3000
Mn (mg/l)	ND	ND	ND	ND			500
Cr (mg/l)	<LDM	<LDM	<LDM	3.43			50
Cu (mg/l)	ND	ND	ND	ND			2000
Cd (mg/l)	ND	ND	ND	ND			50

Tabla 11. Resultados de los análisis de metales pesados de los pozos próximos al futuro campo de pozos de Chinandega.

Parámetro	Unidad	Pozo la Mora	Pozo Las Pilas	Pozo Las Barbas	Pozo Finca San Ignacio	Valor Máximo Admisible	Método SM //EPA
Fecha de Captación		26-ENERO-2011					
Aspecto	-	Clara	Clara	Clara	Clara		Visual
Arsénico(As)	mg/l	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.01	3113-B
Cadmio (Cd)	mg/l	0.00021	<0.00015	<0.00015	0.0002	0.05	3111-B
Cromo Total (Cr)	mg/l	0.00273	0.00186	<0.00071	0.00176	0.05	3111-B
Cobre (Cu)	mg/l	0.00309	0.00693	0.00386	0.00466	2	3111-B
Plomo (Pb)	mg/l	<0.00464	<0.00464	<0.00464	<0.000464	0.01	3500-B

3.4. Agua potable

3.4.1. Fuente de abastecimiento

La elección de la fuente de abastecimiento será la que brinde mayor seguridad, el rendimiento total debe ser mayor que el consumo diario máximo según la etapa de desarrollo planteada o el periodo de diseño considerado.

Se seleccionó una fuente de abastecimiento que cumpla con los parámetros de calidad del agua físico químico indicados en las normas de INAA. (INAA, 1999)

3.4.2. Dotación, consumo y demanda de agua

Dado que el sistema de abastecimiento de agua potable brindará servicio mediante conexiones domiciliarias, la población servida con dichas conexiones representará el 100% del total. La dotación que se adoptará estará bajo normas de INAA y se incrementará en un GPPD por cada quinquenio transcurrido en el periodo de diseño (INAA, 1999). Para obtener el consumo se multiplicará la dotación por el número de personas servidas.

La demanda promedio diaria, consistirá en el consumo más las pérdidas técnicas equivalentes al 20 % del consumo (INAA, 1999).

3.4.3. Almacenamiento

El volumen de almacenamiento (volumen compensador) estará compuesto por un 25% del consumo promedio para compensar las variaciones horarias y un 15% del consumo promedio para eventualidades o emergencias (volumen reserva). El volumen para combatir incendios se hará con un almacenamiento de 2 horas de acuerdo a la demandad de agua para incendio. (INAA, 1999).

El tanque que se va a utilizar en este proyecto es un tanque de acero sobre torre.

3.4.4. Línea de conducción y red de distribución

La capacidad de la línea de conducción se calcula en base al caudal del gasto máximo diario de la red. (INAA, 1999).

Para el dimensionamiento de las tuberías en las líneas y las redes de distribución se utilizará el programa EPANET. Utilizándose un coeficiente de flujo de 150 para las tuberías de PVC y se verificará que las velocidades en todos los tramos se encuentren en el rango de 0.60 a 2.00 m/s y las presiones deberán fluctuar entre 14 y 50 metros. (INAA, 1999)

Para aislar los circuitos principales se colocarán válvulas. También se utilizarán válvulas de limpieza en las partes más bajas para asegurar su drenaje en las operaciones de limpieza y mantenimiento. (INAA, 1999)

Se verificarán velocidades y presiones para 3 condiciones:

- Consumo Máximo Horario en la red / desde el tanque de almacenamiento y bombeo de máximo día en la fuente de abastecimiento.
- Consumo máximo diario en la red desde el tanque de almacenamiento.
- Consumo máximo diario + incendio desde el tanque de almacenamiento.

3.4.5. Nivel de servicio

El nivel de servicio a brindar será óptimo, donde el agua será abastecida de manera continua en cada vivienda y se atenderán todas las necesidades de consumo (OMS, 2003).

3.4.6. Cobertura y localización de las tuberías

La tubería se colocará a una profundidad de 1.20 metros bajo la superficie del terreno. En las avenidas se colocará en la banda este y en las calles en la banda sur. En ambos casos, se ubicará la tubería en la correspondiente banda, a 1.50 metros de la misma o conforme lo indiquen los planos. En cruces de carreteras y alcantarillas, se tomará en consideración la situación y detalles particulares. (INAA, 1999)

3.4.7. Golpe de Ariete

El golpe de ariete es producido por el choque violento de un fluido contra las paredes de las tuberías por diferentes razones: cierres de válvulas, cambios de dirección por accesorios o reducciones. Este “rebote” del flujo en la dirección contraria al sentido normal por el que está siendo dirigida crea un pulso de alta

presión cuya onda provoca sobrepresiones y depresiones en las tuberías, la cuales eventualmente terminan cediendo y se destruyen.

Para calcular el golpe de ariete se utilizarán las siguientes formulas:

$$a = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{K}{E}\right) * \left(\frac{D}{\delta}\right)}}$$

Dónde:

a: Celeridad de la onda elástica del fluido en la tubería (m/s)

K: Módulo de elasticidad del fluido (módulo de Bulk) = $2.03 \times 10^9 \text{ N/m}^2$

ρ : Densidad del fluido = 1000 Kg/m^3

E: Módulo de elasticidad de la tubería (N/m^2)

D: Diámetro nominal de la tubería (m)

δ : Espesor de tubería (m)

$$\Delta H = \frac{a * V}{g}$$

Dónde:

ΔH : Sobrepresión por Golpe de Ariete (m)

a: Celeridad de la onda elástica del fluido en la tubería (m/s)

V: Velocidad del flujo (m/s)

g: Gravedad = 9.81 m/s^2

$$P_{max} = DT + \Delta H$$

Dónde:

P_{max} : Presión máxima a la que estará sometida la tubería (m)

DT: Desnivel Topográfico o Presión Estática (m)

ΔH : Sobrepresión por Golpe de Ariete (m)

3.4.8. Estación de bombeo

En el diseño de toda estación de bombeo se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones básicas:

- Edificio
- Localización
- Capacidad y características de las estaciones
- Estaciones de pozos húmedos
- Estaciones de bombeo de pozos profundos
- Equipos de bombeo
- Tuberías y válvulas en succión y descarga de bombas
 - Succión
 - Descarga
 - Equipo eléctrico
 - Motores y Energía

3.5. Alcantarillado sanitario

3.5.1. Cálculo de los caudales

Utilizando diferentes criterios, se efectuarán los correspondientes cálculos de los principales caudales.

El dimensionamiento de los conductos se determinará atendiendo los máximos caudales determinados por la siguiente expresión:

$$Qd = Qmh + Qi + Qc + Qind + Qinst$$

Donde;

Qi : Caudal de infiltración

Qc : Caudal comercial

$Qind$: Caudal Industrial

$Qinst$: Caudal institucional

Cada uno de estos valores se calcularán según lo estipulado por INAA (INAA, 2005)

Se deberá considerar también un caudal de infiltración (Q_i) que se asignará en dependencia de la junta y material de la tubería, siendo estos valores:

- Para tuberías con juntas de mortero: 10,000 L/hab/día
- Para tuberías con juntas flexibles: 5,000 L/hab/día
- Para tuberías plásticas: 2L/hora/100 m de tubería y por cada 25 mm de diámetro

3.5.2. Cálculo hidráulico

Para el dimensionamiento y diseño de las alcantarillas se empleará la ecuación de Manning (determinando el valor del coeficiente de rugosidad “n” en dependencia del material de la tubería en uso; siendo $n=0.013$ para tuberías de concreto y $n=0.009$ para tuberías de PVC) y la ecuación de la continuidad. (INAA, 2005)

El diámetro mínimo a considerar en las tuberías deberá ser 150mm. Deberá procurarse una pendiente longitudinal mínima que produzca una velocidad de auto lavado que se determinará utilizando el criterio de la Tensión de Arrastre. (INAA, 2005)

Para la obtención de resultados, se utilizarán hojas de cálculo computarizado en programa Excel

Las tuberías donde los caudales fluyen por gravedad se diseñan como conductos sin presión, es decir como canales abiertos. Sin embargo, donde es imposible el drenaje por gravedad, las tuberías se diseñan como tuberías a presión.

Ecuación de Continuidad.

$$Q = V * A$$

Formula de Manning

$$Q = V * A = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} ; R = D/4$$

Dónde:

Q: Caudal a tubo lleno (m³/s).

V: Velocidad de escurrimiento a tubo lleno (m/s).

n: Coeficiente de Manning, para PVC es de 0.009 y para concreto es de 0.013.

A: Área de la sección transversal de la tubería (m²).

R: Radio hidráulico = (A/P) (m).

P: Perímetro mojado (m).

S: Pendiente hidráulica (m/m).

3.5.3. Destino de aguas residuales

Las aguas residuales recolectadas por el sistema serán depositadas después del último PVS de la red a un PVS autorizado por ENACAL con destino a la red principal para ser llevadas al sistema de tratamiento municipal. Las coordenadas de dicho PVS son X. 489320.8907, Y. 1390441.0688.

3.6. Operación y mantenimiento del proyecto.

Para la realización de esta importante etapa del proyecto se tomará en cuenta el manual de mantenimiento de los sistemas de alcantarillado sanitario publicado por INAA en el año 2005 el cual contiene una descripción de las acciones que se deberán efectuar para el debido mantenimiento del proyecto con el propósito de prevenir daños mayores en las instalaciones, y conservarlas en óptimas condiciones de operación.

CAPÍTULO IV

CÁLCULOS Y

RESULTADOS

IV. CÁLCULOS

4.1. Agua potable

AÑO	POBLACION	DOTACION (LPPD)	CONSUMO PROMEDIO DIARIO (LITROS X DIA)	CONSUMO COMERCIAL	CONSUMO PROMEDIO DIARIO TOTAL	PRODUCCION (FACTOR DE PERDIDA)	CAUDAL MAX DIARIO(LPD)	CAUDAL MAX HORARIO
2017	300	150	45000	3150	48150	57780	86670	144450
2018	600	150	90000	6300	96300	115560	173340	288900
2019	900	150	135000	9450	144450	173340	260010	433350
2020	1200	150	180000	12600	192600	231120	346680	577800
2021	1500	150	225000	15750	240750	288900	433350	722250
2022	1800	150	270000	18900	288900	346680	520020	866700
2023	2220	150	333000	23310	356310	427572	641358	1068930
2024	2220	150	333000	23310	356310	427572	641358	1068930
2025	2220	150	333000	23310	356310	427572	641358	1068930
2026	2220	150	333000	23310	356310	427572	641358	1068930
2027	2220	150	333000	23310	356310	427572	641358	1068930
2028	2220	150	333000	23310	356310	427572	641358	1068930
2029	2220	150	333000	23310	356310	427572	641358	1068930
2030	2220	150	333000	23310	356310	427572	641358	1068930
2031	2220	150	333000	23310	356310	427572	641358	1068930
2032	2220	150	333000	23310	356310	427572	641358	1068930
2033	2220	150	333000	23310	356310	427572	641358	1068930
2034	2220	150	333000	23310	356310	427572	641358	1068930
2035	2220	150	333000	23310	356310	427572	641358	1068930
2036	2220	150	333000	23310	356310	427572	641358	1068930
2037	2220	150	333000	23310	356310	427572	641358	1068930

Tabla 12. Consumos de agua potable. Elaboración: propia.

CAUDAL DE DISEÑO			VOL COMPENSADOR		CMD*.25	VOLUMEN REQUERIDO		VOL.RESERVA +
Qdiseño=	7.423125 CMD/86400		160.3395	M3/DIA		256.5432	M3/DIA	VOL.REUQUERIDO
TANQUE			VOL RESERVA		CMD*.15	VOL INCENDIO		<5000 NO
641.358 CMD/ 1000	DEMANDA MAX DIARIA (M3/DIA)		96.2037	M3/DIA		36	M3	>5000 1 BOMBEO DE 250GPM

TOTAL DEALMACENAMIENTO			CAUDAL RED DE DISTRIBUCION		CAUDAL MAXIMO DIARIO	
292.5432	264.2	77290	12.371875	0.0334375	7.42313	0.02006
M3/DIA	f. conversion	GLN	CMH/86400	Q.DIST/#LOTES (LPS)	CMD/86400	CPD/#LOTES

Qmed=	65.3235	gpm
Qbom=	99	gpm ajustado
Tbombeo=	16	hrs ajustado

Tabla 13. Características del equipo de bombeo. Elaboración: propia.

CÁLCULO CARACTERÍSTICAS DE EQUIPO DE BOMBEO											
Q bom.= 100 gpm			Tipo bom.= Sumergible			Elev. Tanque = 75.00 m			Eff. Motor.= 90% Eff.Total = 68%		
#			L colum. =			Elev.bomba = 12.00 m			Eff. Bom.= 75%		
Pozo			Sarta de Bombeo			Entrada del Tanque					
Material = PVC 60			Material = H ₂ O 400			Material = PVC 60					
L colum. = 43.00 m			L sarta = 6.00 m			L colum.= 27.60 m					
Ø colum.= 4.0 pulg			Ø sarta = 4.0 pulg			Ø colum.= 4.0 pulg					
1 Rejilla			1 Tee salida bilateral			2 Codo de 90°					
1 Válvula de pie			1 Controlador de caud			1 Valv. compuerta abie					
1 Entrada normal en tubo			1 Valv. de retención			1 Salida de tubo					
			1 Valv. compuerta abie								
			2 Tee pase directo								
			2 Codo de 45°								
hf Tub. Colum.= 0.2505			hf Tub. Sarta = 0.0740			hf Tub. Entrada = 0.0608					
Perd.succ.= 0.34 m			Perd.sarta = 0.33 m			Perd.entrada = 0.22 m					
1.10 '			1.09 '			0.73 '					
Ø cc Ø succión =			Perd.entrada P T =			0.00 m			0.00 '		
LÍNEA DE CONDUCCIÓN			Carga Total Dinámica								
Material = PVC 60			Dif. Elev. Estática = 63.00 m			CTD =			211.03 '		
L conduc.= 76.60 m						Carga total Dinámica =			212 '		
L conduc.= 77.00 m											
Ø tub.= 4.0 pulg											
Perd.conduc. = 0.45 m			Potencia Bomba			Potencia Motor					
1.47 '			5.95 HP			7.93 HP					
						10.00 HP					
						7.5 kw					

Radio de Influencia

Tabla 14. Radio de Influencia. Elaboración: propia.

Pozo Monte Bello		
Profundidad (ft)	Diametro de Perforacion (in)	Caudal (gpm)
275	12	260
Regimen de explotacion (hrs)	NE(ft)	ND (ft)
12	65.25	79.75
Capacidad Especifica (gpm/pie)s		Diametro (in)
12.41		8

Pozo Monte Bello					
Q(m3/d)	Descenso (m)	CE (m3/d/m)	T		s(m)
			m2/d	m2/h	
1417.11	4.42	320.56	391.08	16.3	0.1
t		W(u)	u	S	R(m)
dias	horas				
0.33	8	0.347	0.73	0.12	65.635077

Figura 8. Golpe de ariete. Elaboración: propia.

GOLPE DE ARIETE

$E := 2.9 \cdot 10^9 \frac{N}{m^2}$	Modulo de Elasticidad del Material (P.V.C)
$K := 2.03 \cdot 10^9 \frac{N}{m^2}$	Módulo de Bulk (Elasticidad del fluido)
$\rho := 1000 \frac{kg}{m^3}$	Densidad del fluido
$D := 4 \text{ in}$	Diámetro nominal de la tubería
$\delta := 0.00602 \text{ m}$	Espesor de Tubería
$a := \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{K}{E}\right) \cdot \left(\frac{D}{\delta}\right)}} = 398.0214 \frac{m}{s}$	Celeridad de la onda elástica del fluido
$V := 0.75 \frac{m}{s}$	Velocidad del Fluido
$\Delta H := \frac{a \cdot V}{g_e} = 30.4402 \text{ m}$	Sobrepresión por golpe de Ariete
$P_e := 20 \text{ m}$	Presión Estática o Desnivel Topografico
$P_{max} := P_e + \Delta H = 50.4402 \text{ m}$	Presión máxima (m.c.a)
$P_{max_psi} = 71.741 \text{ psi}$	Presión máxima (psi)
$P_{adm} = 160 \text{ psi}$	
$check_Presion = \text{"OK"}$	

Curva característica del equipo de bombeo.

Bomba:

La bomba seleccionada cumple con los siguientes requisitos del proyecto, calculados en la hoja de Excel y de esa manera buscar con los proveedores el modelo indicado:

Caudal de bombeo = 100 gpm

Carga Total Dinámica (CTD) = 64.35 m

Para seleccionar la bomba se hizo uso de las curvas de la bomba para determinar el modelo correcto, tomando como referencia de los cálculos una potencia de 7.5 kW y una eficiencia cercana al 70% combinando la eficiencia de la bomba y el motor.

Se utilizará una bomba sumergible GRUNDFOS modelo MTR 20- 6/6 A-W-A-HUUV de acero inoxidable. Motor 3-fásico 400V-50Hz de 7.5 kW (10HP), con una eficiencia del 90% @ 2910rpm bajo las condiciones de uso necesarias para el proyecto

Figura 9. Curva característica del equipo de bombeo. Fuente: fabricante.

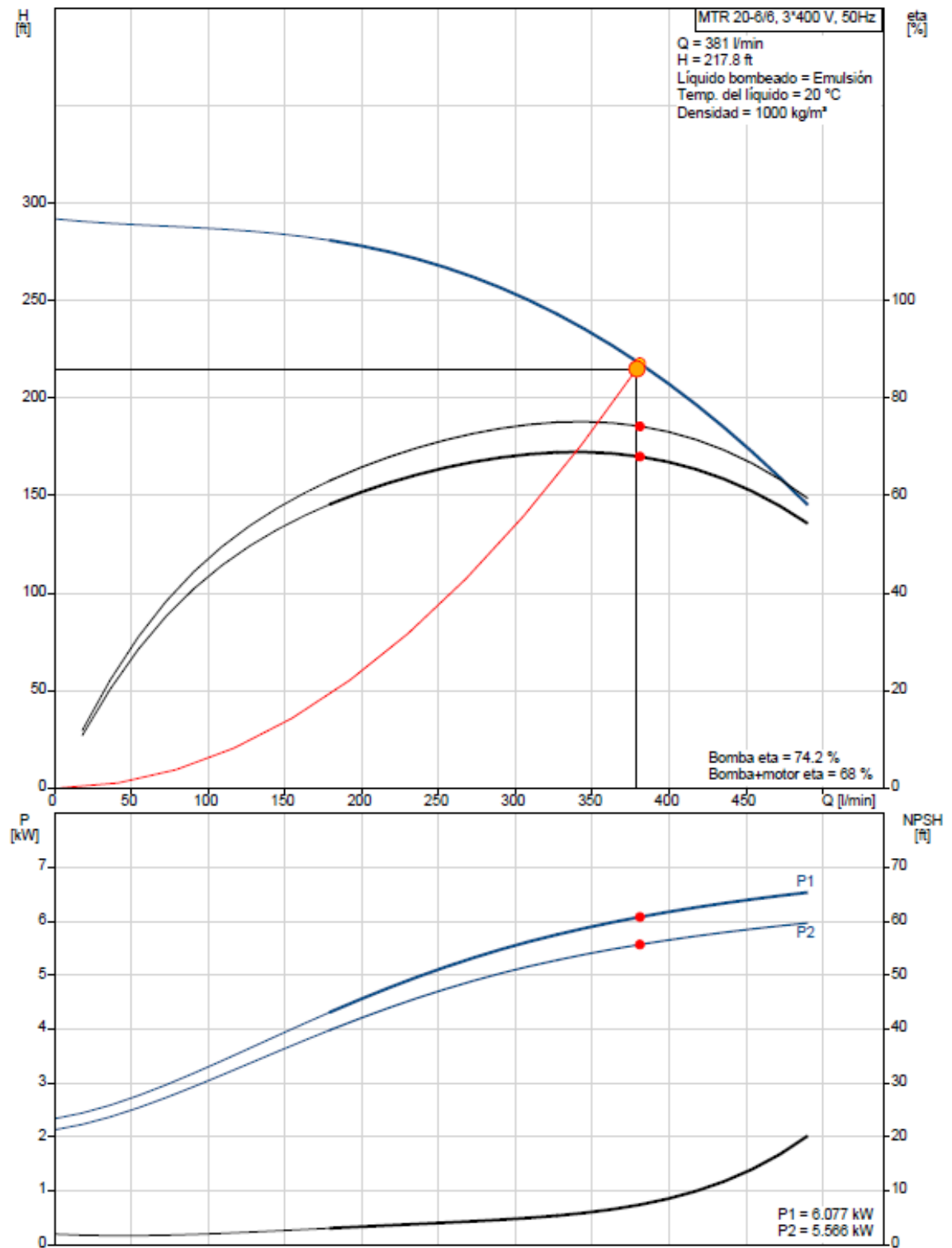


Tabla 15. Selección del diámetro económico. Elaboración: propia

Costo anual de energía y valor presente para T bombeo = 16 horas										
Longitud = 77.00 m		Eff. Motor = 90%		Horas Bombeo		CHW = 100				
Costo Energía = 5.51 C\$ /Kw-h		Eff. Bomba = 75%		16 h		r = 12 %				
SDR - 26 Diámetros	Diám. Selec.		C.Tub.+ Energía		Otro diam		Q bom. 15 años		Q bom. 20 años	
	4 pulg.	4 pulg.	Valor Presente		6 pulg.		99 gpm		99 gpm	
	6 pulg.	6 pulg.	C\$ 2,153,683.9		Diám. Selec.		V = 0.34 m/s		V = 0.34 m/s	
	8 pulg.	8 pulg.	2,281,157.38		Menor a 0.4 m/s		Menor a 0.4 m/s		Menor a 0.4 m/s	
	10 pulg.	10 pulg.	2,442,992.90		4 pulg.		V = 0.78 m/s		V = 0.78 m/s	
			2,790,606.32		OK		OK		OK	

Tabla 16. Costo anual de energía. Elaboración: propia .

Costo anual de energía y valor presente para T bombeo = 16 horas																
				L = 77 m		r = 12%		eff.bom.= 90%								
				T bom.= 16 h		Kwh = C\$ 5.51		eff.mot.= 75%								
Año	n	Q bom. (gpm)	Diám.= 3.0 pulg C = 100		Diám.= 4.0 pulg C = 100		Diám.= 6.0 pulg C = 100		Diám.= 8.0 pulg C = 100							
			CAE (C\$/año)	VP (C\$)	CAE (C\$/año)	VP (C\$)	CAE (C\$/año)	VP (C\$)	CAE (C\$/año)	VP (C\$)	CAE (C\$/año)	VP (C\$)				
2017	0	100.00	240,050.86	240,050.86	240,050.86	240,050.86	240,050.86	240,050.86	240,050.86	240,050.86	240,050.86	240,050.86	240,050.86	240,050.86	240,050.86	
2018	1	100.00	240,050.86	214,331.13	240,050.86	214,331.13	240,050.86	214,331.13	240,050.86	214,331.13	240,050.86	214,331.13	240,050.86	214,331.13	240,050.86	
2019	2	100.00	240,050.86	191,367.08	240,050.86	191,367.08	240,050.86	191,367.08	240,050.86	191,367.08	240,050.86	191,367.08	240,050.86	191,367.08	240,050.86	
2020	3	100.00	240,050.86	170,863.46	240,050.86	170,863.46	240,050.86	170,863.46	240,050.86	170,863.46	240,050.86	170,863.46	240,050.86	170,863.46	240,050.86	
2021	4	100.00	240,050.86	152,556.66	240,050.86	152,556.66	240,050.86	152,556.66	240,050.86	152,556.66	240,050.86	152,556.66	240,050.86	152,556.66	240,050.86	
2022	5	100.00	240,050.86	136,211.31	240,050.86	136,211.31	240,050.86	136,211.31	240,050.86	136,211.31	240,050.86	136,211.31	240,050.86	136,211.31	240,050.86	
2023	6	100.00	240,050.86	121,617.24	240,050.86	121,617.24	240,050.86	121,617.24	240,050.86	121,617.24	240,050.86	121,617.24	240,050.86	121,617.24	240,050.86	
2024	7	100.00	240,050.86	108,586.82	240,050.86	108,586.82	240,050.86	108,586.82	240,050.86	108,586.82	240,050.86	108,586.82	240,050.86	108,586.82	240,050.86	
2025	8	100.00	240,050.86	96,952.52	240,050.86	96,952.52	240,050.86	96,952.52	240,050.86	96,952.52	240,050.86	96,952.52	240,050.86	96,952.52	240,050.86	
2026	9	100.00	240,050.86	86,564.75	240,050.86	86,564.75	240,050.86	86,564.75	240,050.86	86,564.75	240,050.86	86,564.75	240,050.86	86,564.75	240,050.86	
2027	10	100.00	240,050.86	77,289.95	240,050.86	77,289.95	240,050.86	77,289.95	240,050.86	77,289.95	240,050.86	77,289.95	240,050.86	77,289.95	240,050.86	
2028	11	100.00	240,050.86	69,008.89	240,050.86	69,008.89	240,050.86	69,008.89	240,050.86	69,008.89	240,050.86	69,008.89	240,050.86	69,008.89	240,050.86	
2029	12	100.00	240,050.86	61,615.08	240,050.86	61,615.08	240,050.86	61,615.08	240,050.86	61,615.08	240,050.86	61,615.08	240,050.86	61,615.08	240,050.86	
2030	13	100.00	240,050.86	55,013.46	240,050.86	55,013.46	240,050.86	55,013.46	240,050.86	55,013.46	240,050.86	55,013.46	240,050.86	55,013.46	240,050.86	
2031	14	100.00	240,050.86	49,119.16	240,050.86	49,119.16	240,050.86	49,119.16	240,050.86	49,119.16	240,050.86	49,119.16	240,050.86	49,119.16	240,050.86	
2032	15	100.00	240,050.86	43,856.40	240,050.86	43,856.40	240,050.86	43,856.40	240,050.86	43,856.40	240,050.86	43,856.40	240,050.86	43,856.40	240,050.86	
2033	16	100.00	240,050.86	39,157.50	240,050.86	39,157.50	240,050.86	39,157.50	240,050.86	39,157.50	240,050.86	39,157.50	240,050.86	39,157.50	240,050.86	
2034	17	100.00	240,050.86	34,962.05	240,050.86	34,962.05	240,050.86	34,962.05	240,050.86	34,962.05	240,050.86	34,962.05	240,050.86	34,962.05	240,050.86	
2035	18	100.00	240,050.86	31,216.12	240,050.86	31,216.12	240,050.86	31,216.12	240,050.86	31,216.12	240,050.86	31,216.12	240,050.86	31,216.12	240,050.86	
2036	19	100.00	240,050.86	27,871.53	240,050.86	27,871.53	240,050.86	27,871.53	240,050.86	27,871.53	240,050.86	27,871.53	240,050.86	27,871.53	240,050.86	
2037	20	100.00	240,050.86	24,885.30	240,050.86	24,885.30	240,050.86	24,885.30	240,050.86	24,885.30	240,050.86	24,885.30	240,050.86	24,885.30	240,050.86	
			2,033,097.26		2,033,097.26		2,033,097.26		2,033,097.26		2,033,097.26		2,033,097.26		2,033,097.26	

Tabla 16. Comparación de costos según diámetros. Elaboración: propia.

COMPARACIÓN DE COSTOS EN VALOR PRESENTE						
Diám. (pulg)	Long. Tub. (m)	C. Tuberías C\$		C. Energía C\$	C. Total C\$	DÍAMETRO SELECCIONADO Para 16 hrs de bom. Ø Econ. = 4.0 Pulg
		Unitario	Total			
4	77	3,221.56	248060.12	2,033,097.26	2,281,157.38	
6	77	5,323.32	409895.64	2,033,097.26	2,442,992.90	
8	77	9,837.78	757509.06	2,033,097.26	2,790,606.32	

Tabla 17. Cantidad de cloro administrado. Elaboración: propia.

AÑO	CMD	DOSIFICACION	CONCENTRACION	CANTIDAD DE CLORO DIARIO	CANTIDAD DE CLORO ANUAL	COSTO UNITARIO	COSTO ANUAL
2017	86670	1	120000	0.72	263.62	C\$98.00	C\$25,834.88
2018	173340	1	120000	1.44	527.24	C\$98.00	C\$51,669.77
2019	260010	1	120000	2.17	790.86	C\$98.00	C\$77,504.65
2020	346680	1	120000	2.89	1054.49	C\$98.00	C\$103,339.53
2021	433350	1	120000	3.61	1318.11	C\$98.00	C\$129,174.41
2022	520020	1	120000	4.33	1581.73	C\$98.00	C\$155,009.30
2023	641358	1	120000	5.34	1950.80	C\$98.00	C\$191,178.13

4.1.2. SIMULACIONES DE EPANET

4.1.2.1. RED DE AGUA POTABLE CON DEMANDA MAXIMA

Figura 10.Demanda máxima. Elaboración: propia.

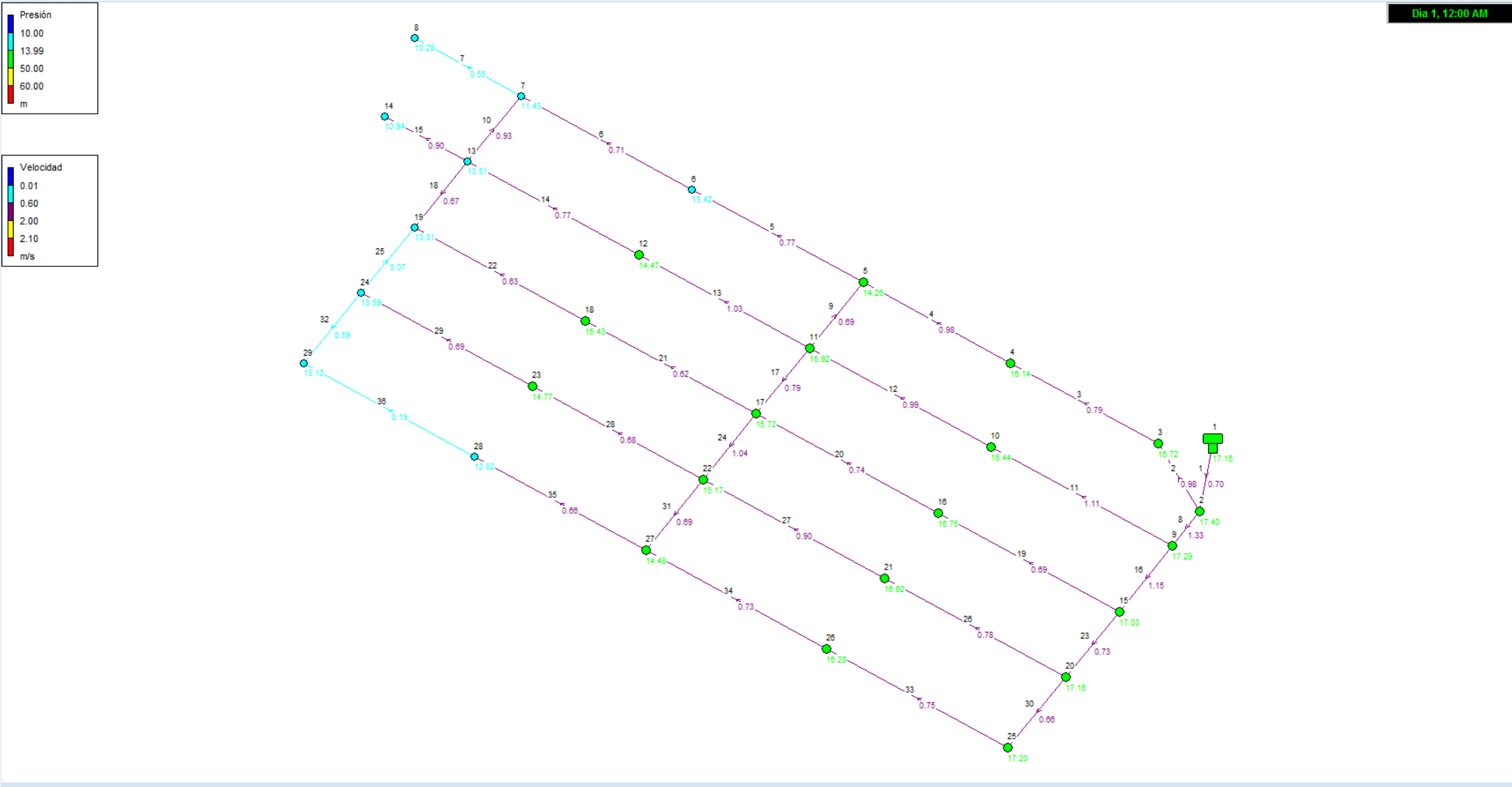


Figura 11. Red nudos con demanda máxima. Elaboración: propia.

EPANET 2 - red agua potable demanda maxima.net - [Tabla de Red - Nudos]

Archivo Editar Ver Proyecto Informe Extensiones Ventana Ayuda

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión 2	0.00	72.07	17.40	0.00
Conexión 3	0.37	71.30	16.72	0.00
Conexión 4	0.47	70.20	16.14	0.00
Conexión 5	0.57	67.90	14.26	0.00
Conexión 6	0.50	66.20	13.42	0.00
Conexión 7	0.53	63.85	11.43	0.00
Conexión 8	0.27	62.95	10.28	0.00
Conexión 9	0.50	71.73	17.29	0.00
Conexión 10	0.50	70.16	16.44	0.00
Conexión 11	0.47	68.87	15.92	0.00
Conexión 12	0.50	66.77	14.47	0.00
Conexión 13	0.47	65.54	13.51	0.00
Conexión 14	0.27	63.17	10.94	0.00
Conexión 15	0.50	71.04	17.03	0.00
Conexión 16	0.53	69.99	16.75	0.00
Conexión 17	0.53	68.31	15.72	0.00
Conexión 18	0.50	67.15	15.43	0.00
Conexión 19	0.53	64.63	13.31	0.00
Conexión 20	0.40	70.74	17.16	0.00
Conexión 21	0.53	69.42	16.62	0.00
Conexión 22	0.47	67.02	15.17	0.00
Conexión 23	0.57	66.05	14.77	0.00
Conexión 24	0.57	64.65	13.59	0.00
Conexión 25	0.47	70.31	17.20	0.00

Longitudes Automáticas Off LPS 800% X,Y: 489724.94, 1390328.95

Figura 12. Red de líneas con demanda máxima. Elaboración: propia.

EPANET 2 - red agua potable demanda maxima.net - [Tabla de Red - Líneas]

Archivo Editar Ver Proyecto Informe Extensiones Ventana Ayuda

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción	Veloc. de Reacción m/s	Calidad	Estado
Tubería 1	12.37	0.70	3.01	0.018	0.00	0.00	Abierto
Tubería 2	1.92	0.98	20.04	0.021	0.00	0.00	Abierto
Tubería 3	1.55	0.79	13.50	0.021	0.00	0.00	Abierto
Tubería 4	1.08	0.98	28.13	0.022	0.00	0.00	Abierto
Tubería 5	0.85	0.77	18.03	0.022	0.00	0.00	Abierto
Tubería 6	0.35	0.71	24.77	0.024	0.00	0.00	Abierto
Tubería 7	0.27	0.55	15.36	0.025	0.00	0.00	Abierto
Tubería 8	10.46	1.33	15.88	0.018	0.00	0.00	Abierto
Tubería 9	-0.34	0.69	23.56	0.024	0.00	0.00	Abierto
Tubería 10	-0.46	0.93	41.13	0.023	0.00	0.00	Abierto
Tubería 11	4.88	1.11	15.74	0.019	0.00	0.00	Abierto
Tubería 12	4.38	0.99	12.88	0.019	0.00	0.00	Abierto
Tubería 13	2.02	1.03	22.14	0.021	0.00	0.00	Abierto
Tubería 14	1.52	0.77	13.05	0.021	0.00	0.00	Abierto
Tubería 15	0.27	0.90	51.53	0.024	0.00	0.00	Abierto
Tubería 16	5.07	1.15	16.89	0.019	0.00	0.00	Abierto
Tubería 17	1.56	0.79	13.62	0.021	0.00	0.00	Abierto
Tubería 18	0.33	0.67	22.20	0.025	0.00	0.00	Abierto
Tubería 19	1.35	0.69	10.50	0.022	0.00	0.00	Abierto
Tubería 20	0.82	0.74	16.75	0.023	0.00	0.00	Abierto
Tubería 21	0.69	0.62	12.27	0.023	0.00	0.00	Abierto
Tubería 22	0.19	0.63	26.63	0.026	0.00	0.00	Abierto
Tubería 23	3.22	0.73	7.28	0.020	0.00	0.00	Abierto
Tubería 24	1.15	1.04	31.44	0.021	0.00	0.00	Abierto

Longitudes Automáticas Off LPS 800% X,Y: 489551.75, 1390653.42

4.1.2.2. DEMANDA PROMEDIO + HIDRANTE

Figura 13. Demanda promedio+hidrante. Elaboración: propia.

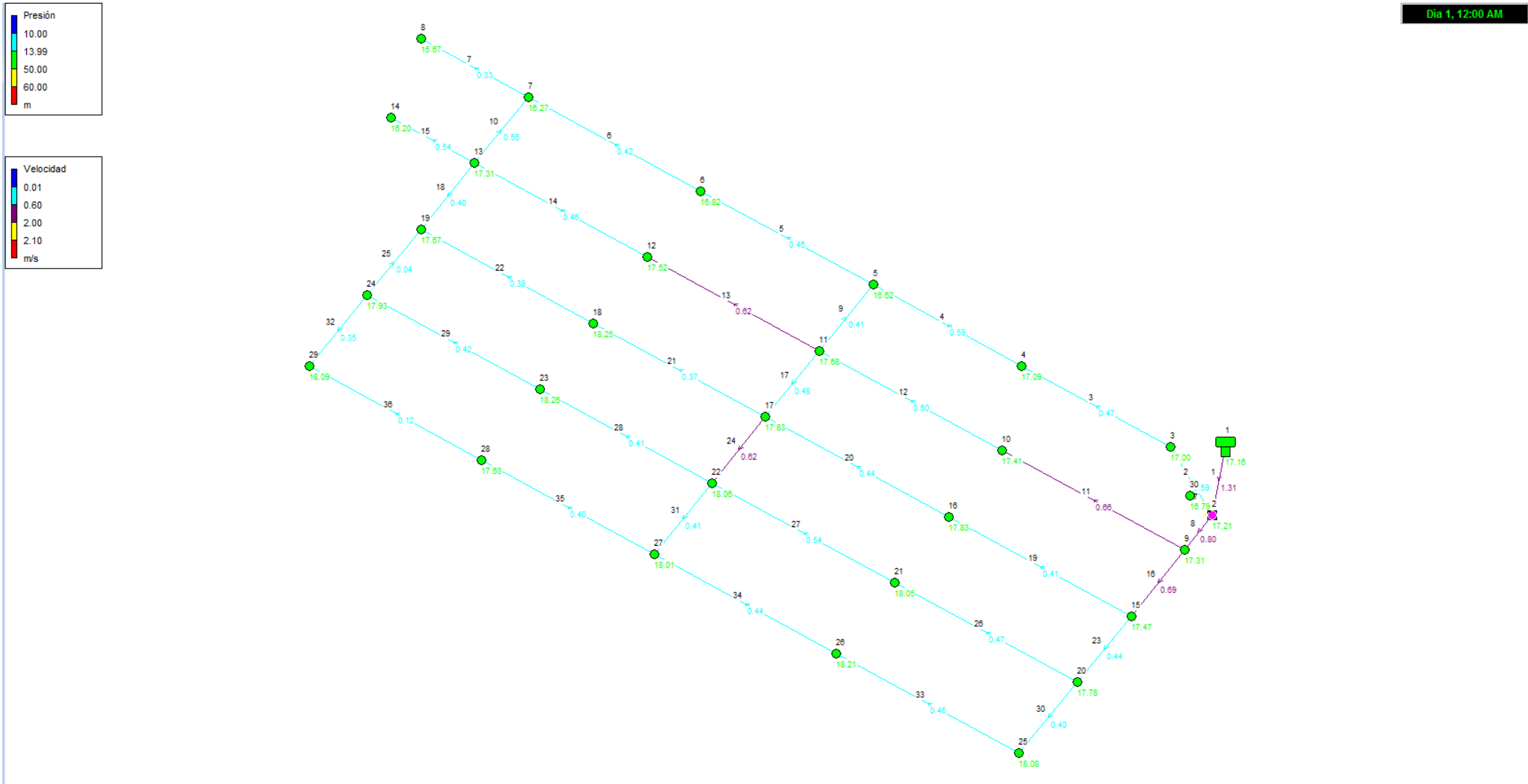


Figura 14. Red de nudos demanda promedio+hidrante. Elaboración: propia.

EPANET 2 - red agua potable demanda promedio + hidrante(caso2).net - [Tabla de Red - Nudo]

Archivo Editar Ver Proyecto Informe Extensiones Ventana Ayuda

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión 2	0.00	71.88	17.21	0.00
Conexión 3	0.22	71.58	17.00	0.00
Conexión 4	0.28	71.15	17.09	0.00
Conexión 5	0.34	70.26	16.62	0.00
Conexión 6	0.30	69.60	16.82	0.00
Conexión 7	0.32	68.69	16.27	0.00
Conexión 8	0.16	68.34	15.67	0.00
Conexión 9	0.30	71.75	17.31	0.00
Conexión 10	0.30	71.13	17.41	0.00
Conexión 11	0.28	70.63	17.68	0.00
Conexión 12	0.30	69.82	17.52	0.00
Conexión 13	0.28	69.34	17.31	0.00
Conexión 14	0.16	68.43	16.20	0.00
Conexión 15	0.30	71.48	17.47	0.00
Conexión 16	0.32	71.07	17.83	0.00
Conexión 17	0.32	70.42	17.83	0.00
Conexión 18	0.30	69.97	18.25	0.00
Conexión 19	0.32	68.99	17.67	0.00
Conexión 20	0.24	71.36	17.78	0.00
Conexión 21	0.32	70.85	18.05	0.00
Conexión 22	0.28	69.91	18.06	0.00
Conexión 23	0.34	69.54	18.26	0.00
Conexión 24	0.34	68.99	17.93	0.00
Conexión 25	0.28	71.19	18.08	0.00

Longitudes Automáticas Off LPS 100% X,Y: 490010.12, 1390784.52

Figura 15. Red de líneas demanda promedio+hidrante. Elaboración: propia.

EPANET 2 - red agua potable demanda promedio + hidrante(caso2).net - [Tabla de Red - Líneas]

Archivo Editar Ver Proyecto Informe Extensiones Ventana Ayuda

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit m/km	Factor de Fricción	Veloc. de Reacción m/s	Calidad	Estado
Tubería 1	23.19	1.31	9.63	0.016	0.00	0.00	Abierto
Tubería 2	1.15	0.59	7.78	0.022	0.00	0.00	Abierto
Tubería 3	0.93	0.47	5.24	0.023	0.00	0.00	Abierto
Tubería 4	0.65	0.59	10.92	0.023	0.00	0.00	Abierto
Tubería 5	0.51	0.46	6.99	0.024	0.00	0.00	Abierto
Tubería 6	0.21	0.42	9.61	0.026	0.00	0.00	Abierto
Tubería 7	0.16	0.33	5.94	0.027	0.00	0.00	Abierto
Tubería 8	6.27	0.80	6.17	0.019	0.00	0.00	Abierto
Tubería 9	-0.20	0.41	9.15	0.026	0.00	0.00	Abierto
Tubería 10	-0.27	0.56	15.95	0.025	0.00	0.00	Abierto
Tubería 11	2.93	0.66	6.11	0.020	0.00	0.00	Abierto
Tubería 12	2.63	0.60	5.00	0.021	0.00	0.00	Abierto
Tubería 13	1.21	0.62	8.59	0.022	0.00	0.00	Abierto
Tubería 14	0.91	0.46	5.06	0.023	0.00	0.00	Abierto
Tubería 15	0.16	0.54	19.94	0.026	0.00	0.00	Abierto
Tubería 16	3.04	0.69	6.56	0.020	0.00	0.00	Abierto
Tubería 17	0.93	0.48	5.29	0.023	0.00	0.00	Abierto
Tubería 18	0.20	0.40	8.63	0.026	0.00	0.00	Abierto
Tubería 19	0.81	0.41	4.07	0.023	0.00	0.00	Abierto
Tubería 20	0.49	0.44	6.50	0.024	0.00	0.00	Abierto
Tubería 21	0.41	0.37	4.76	0.025	0.00	0.00	Abierto
Tubería 22	0.11	0.38	10.34	0.028	0.00	0.00	Abierto
Tubería 23	1.93	0.44	2.83	0.022	0.00	0.00	Abierto
Tubería 24	0.69	0.62	12.21	0.023	0.00	0.00	Abierto

Longitudes Automáticas Off LPS 100% X,Y: 490010.12, 1390784.52

4.1.2.3. DEMANDA NULA

Figura 16. Demanda nula. Elaboración: propia.

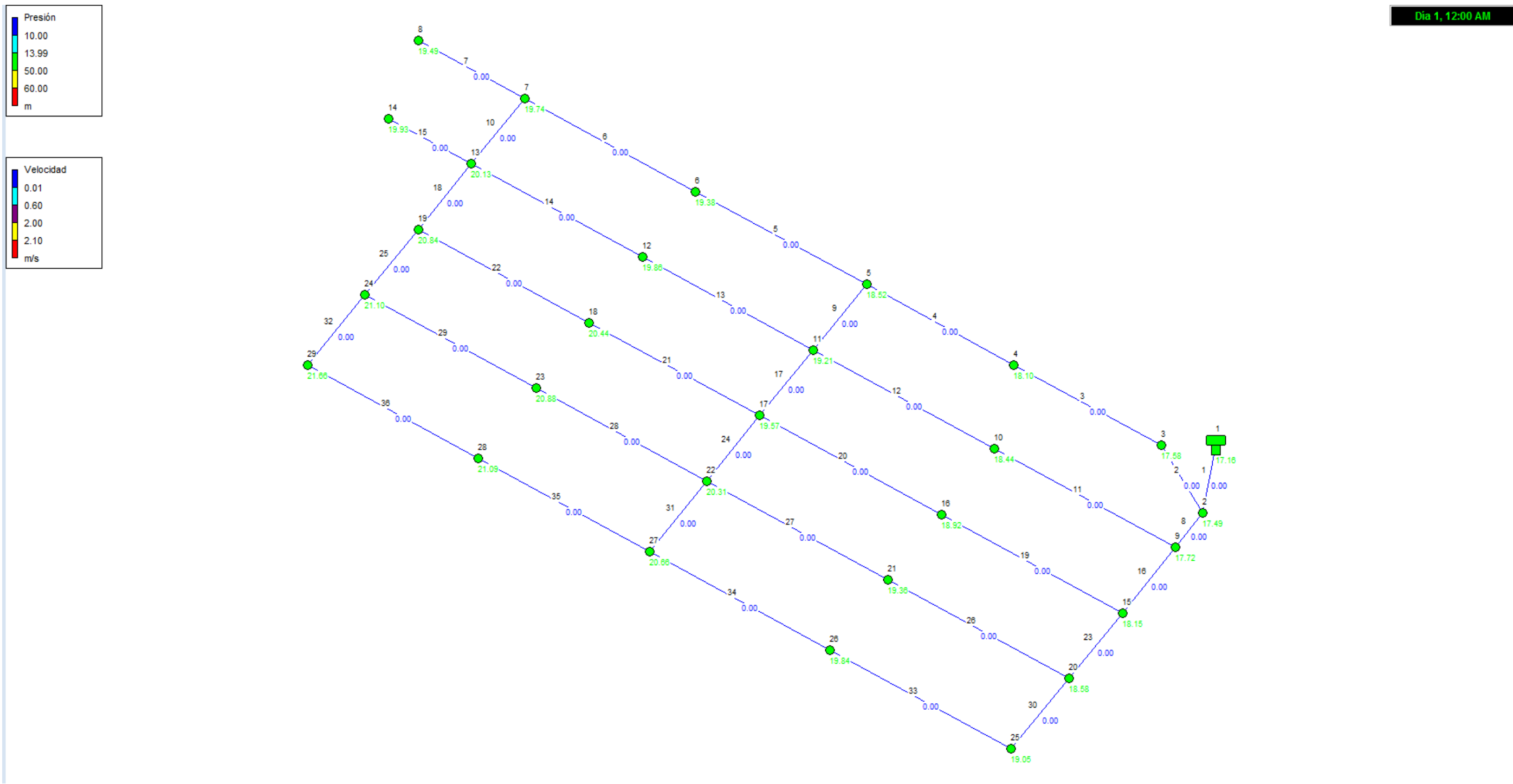


Figura 17. Red de nudos con demanda nula. Elaboración: propia.

EPANET 2 - red agua potable demanda nula.net - [Tabla de Red - Nudos]

Archivo Editar Ver Proyecto Informe Extensiones Ventana Ayuda

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión 2	0.00	72.16	17.49	0.00
Conexión 3	0.00	72.16	17.58	0.00
Conexión 4	0.00	72.16	18.10	0.00
Conexión 5	0.00	72.16	18.52	0.00
Conexión 6	0.00	72.16	19.38	0.00
Conexión 7	0.00	72.16	19.74	0.00
Conexión 8	0.00	72.16	19.49	0.00
Conexión 9	0.00	72.16	17.72	0.00
Conexión 10	0.00	72.16	18.44	0.00
Conexión 11	0.00	72.16	19.21	0.00
Conexión 12	0.00	72.16	19.86	0.00
Conexión 13	0.00	72.16	20.13	0.00
Conexión 14	0.00	72.16	19.93	0.00
Conexión 15	0.00	72.16	18.15	0.00
Conexión 16	0.00	72.16	18.92	0.00
Conexión 17	0.00	72.16	19.57	0.00
Conexión 18	0.00	72.16	20.44	0.00
Conexión 19	0.00	72.16	20.84	0.00
Conexión 20	0.00	72.16	18.58	0.00
Conexión 21	0.00	72.16	19.36	0.00
Conexión 22	0.00	72.16	20.31	0.00
Conexión 23	0.00	72.16	20.88	0.00
Conexión 24	0.00	72.16	21.10	0.00
Conexión 25	0.00	72.16	19.05	0.00

Longitudes Automáticas Off LPS 100% X,Y: 489706.60, 1392279.34

Figura 18. Red de líneas con demanda nula. Elaboración: propia.

EPANET 2 - red agua potable demanda nula.net - [Tabla de Red - Líneas]

Archivo Editar Ver Proyecto Informe Extensiones Ventana Ayuda

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción	Veloc. de Reacción m/s	Calidad	Estado
Tubería 1	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 2	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 3	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 4	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 5	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 6	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 7	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 8	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 9	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 10	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 11	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 12	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 13	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 14	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 15	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 16	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 17	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 18	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 19	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 20	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 21	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 22	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 23	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto
Tubería 24	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	Abierto

Longitudes Automáticas Off LPS 100% X,Y: 489706.60, 1392279.34

4.2. Alcantarillado Sanitario

Figura 19. Criterios de diseño. Elaboración: propia

CRITERIOS DE DISEÑO			
POBLACION DE DISEÑO			
LOTES	370		
POBLACION (P)	2220		
CAUDAL PROMEDIO			
$Q_{prom.} = C \times P$			
$Q_{prom.} = 3.083$	lps		
Caudal mínimo			
$Q_{min.} = 1/5 \times Q_{prom.}$			
$Q_{min.} = 0.62$			
Área tributaria comercial			
$A = 0.00$	Ha		
Flujo por infiltración			
$Q_{inf.} = 2 \text{ l/h} / 100 \text{ m}$ $\times c / 25 \text{ mm de } \phi$			
Caudal de diseño			
$Q_{dis.} = Q_{max.} + Q_{inf.} + Q_{com.}$			
$Q_{dis.} = 9.322$	lps		
CONTRIBUCION DE AN			
$C = 120.00$	LPPD		
DOTACION DE AP	150 lppd		
%AN	80%		
VELOCIDAD MINIMA			
$V = 0.6$	m/s		
Caudal máximo			
$Q_{max.} = H \times Q_{prom.}$			
$Q_{max.} = 9.25$	lps		
Área tributaria total			
$A = 8.833$	Ha		
Factor de Harmon			
$H = 1 + 14 / (4 + P^{1/2})$			
$H = 3.00$			
Caudal de Infiltración			
$Q_{inf.} = 0.0725$	lps		
Pendiente mínima			
$S_{min.} = 0.50\%$			
Pendiente máxima			
Limitado a una V max. de 3 m/s			
Diámetro mínimo			
$D_{min.} = 6$	pulgadas		
L Tub. Ø6"			2174.24 m

Tabla 18. Calculo de caudales. Elaboración: propia.

Tramo	Nodo		Longitud m	Área Ha	Lotes Tribut.	Q prom. lps	Q max lps	Q inf lps	Q dis. (lps)		
	De	A							Tramo	Acum.	Ajust.
1	1	2	83.03	0.34	17	0.1417	0.4250	0.0033	0.4283	0.4283	1.5000
2	2	3	83.03	0.34	16	0.1333	0.4000	0.0031	0.4031	0.8315	1.5000
3	3	4	95.00	0.39	19	0.1583	0.4750	0.0037	0.4787	1.3102	1.5000
4	4	5	95.00	0.39	18	0.1500	0.4500	0.0035	0.4535	1.7637	1.7637
5	6	5	56.68	0.23	11	0.0917	0.2750	0.0022	0.2772	2.0409	2.0409
6	7	8	99.50	0.40	18	0.1500	0.4500	0.0035	0.4535	0.4535	1.5000
7	8	9	99.50	0.40	20	0.1667	0.5000	0.0039	0.5039	0.9574	1.5000
8	9	10	95.00	0.39	16	0.1333	0.4000	0.0031	0.4031	1.3606	1.5000
9	10	11	95.00	0.39	20	0.1667	0.5000	0.0039	0.5039	1.8645	1.8645
10	12	11	41.51	0.17	8	0.0667	0.2000	0.0016	0.2016	2.0661	2.0661
11	13	14	99.50	0.40	16	0.1333	0.4000	0.0031	0.4031	0.4031	1.5000
12	14	15	99.50	0.40	22	0.1833	0.5500	0.0043	0.5543	0.9574	1.5000
13	15	16	95.00	0.39	16	0.1333	0.4000	0.0031	0.4031	1.3606	1.5000
14	16	17	95.00	0.39	20	0.1667	0.5000	0.0039	0.5039	1.8645	1.8645
15	18	19	99.50	0.40	18	0.1500	0.4500	0.0035	0.4535	0.4535	1.5000
16	19	20	99.50	0.40	20	0.1667	0.5000	0.0039	0.5039	0.9574	1.5000
17	20	21	95.00	0.39	14	0.1167	0.3500	0.0027	0.3527	1.3102	1.5000
18	21	22	95.00	0.39	22	0.1833	0.5500	0.0043	0.5543	1.8645	1.8645
19	23	24	99.50	0.40	17	0.1417	0.4250	0.0033	0.4283	0.4283	1.5000
20	24	25	99.50	0.40	18	0.1500	0.4500	0.0035	0.4535	0.8819	1.5000
21	25	26	95.00	0.39	8	0.0667	0.2000	0.0016	0.2016	1.0834	1.5000
22	26	27	95.00	0.39	10	0.0833	0.2500	0.0020	0.2520	1.3354	1.5000
23	5	11	41.00	0.17	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.0409	2.0409
24	11	17	41.00	0.17	2	0.0167	0.0500	0.0004	0.0504	4.1069	4.1069
25	17	22	41.00	0.17	4	0.0333	0.1000	0.0008	0.1008	5.9714	5.9714
26	22	27	41.00	0.17	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	7.8359	7.8359
			2,174.24	8.83	370	3.0833	9.2500	0.0725	9.3225		9.4871

Tabla 19. Aforos del PVS-E. Fuente: urbanizador

METODO:		MANNING						
		FECHA:						
		24-May-16						
No.	INTERV.	DIAMETRO	LECT.	LECT.	COEF.	PENDIENTE	VELOCIDAD	Caudal
	TIEMPO	TUBERIA (m)	LIBRE	HUMEDA	n	TRAMO	V (mps)	Q(lps)
1	8:30	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.05	6.44
2	9:00	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.05	6.44
3	9:30	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.05	6.44
4	10:00	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.05	6.44
5	10:30	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.16	9.20
6	11:00	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.16	9.20
7	11:30	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.16	9.20
8	12:00	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.16	9.20
9	12:30	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.16	9.20
10	13:00	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.16	9.20
11	13:30	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.16	9.20
12	14:00	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.16	9.20
13	14:30	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.16	9.20
14	15:00	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.05	6.44
15	15:30	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.05	6.44
16	16:00	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.05	6.44
17	16:30	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.05	6.44
18	17:00	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.05	6.04
19	17:30	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.05	6.44
20	18:00	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.05	6.44
21	18:30	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.05	6.44
22	19:00	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	1.05	6.44
23	19:30	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	0.92	4.12
24	20:00	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	0.92	4.12
25	20:30	0.200	0.150	0.050	0.009	0.010	0.92	4.12


Figura 20. Simulación Tirante Normal. Fuente: Elaboración propia

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **CHINANDEGA** Proyecto: **MONTE BELLO**
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): **0.0185** m³/s
 Diámetro (d): **0.20** m
 Rugosidad (n): **0.09**
 Pendiente (S): **1** m/m



Resultados:

Tirante normal (y): 0.0868 m	Perímetro mojado (p): 0.2877 m
Área hidráulica (A): 0.0131 m ²	Radio hidráulico (R): 0.0454 m
Espejo de agua (T): 0.1982 m	Velocidad (v): 1.4150 m/s
Número de Froude (F): 1.7593	Energía específica (E): 0.1888 m-Kg/Kg
Tipo de flujo: Supercrítico	


Figura 21. Simulación Tirante Crítico. Fuente: Elaboración propia

Cálculo del Tirante Crítico, sección Circular

Lugar: **CHINANDEGA** Proyecto: **MONTE BELLO**
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): **0.0185** m³/s
 Diámetro (d): **0.20** m



Resultados:

Tirante crítico (y): 0.1166 m	Perímetro mojado (p): 0.3476 m
Área hidráulica (A): 0.0190 m ²	Radio hidráulico (R): 0.0547 m
Espejo de agua (T): 0.1972 m	Velocidad (v): 0.9727 m/s
Número de Froude (F): 1.0000	Energía específica (E): 0.1649 m-Kg/Kg

URBANIZACION "MONTE BELLO"
DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO
CALCULOS DE TIRANTES Y VELOCIDADES

										n = 0.009		PVC						
Tramo	PVS		Longitud m	N. Terreno A.AR m	N. Terreno A.AB m	N. Salida m	N. Entrada m	Q acum. lps	Pendiente %	Diametro pulg.	VII m / s	All m2	QII lps	Qd / QII -----	d / D m/m	d pulg.	Vd / VII -----	Vd. m / s
	De	A																
1	1	2	83.03	54.62	54.11	53.42	52.91	0.4283	0.60	6	0.97	0.018	17.64	0.0243	0.1059	0.64	0.414	0.400
2	2	3	83.03	54.11	53.68	52.51	51.98	0.8315	0.64	6	1.00	0.018	18.18	0.0457	0.1441	0.86	0.503	0.502
3	3	4	95.00	53.68	52.83	51.68	51.03	1.3102	0.69	6	1.03	0.018	18.85	0.0695	0.1763	1.06	0.569	0.587
4	4	5	95.00	52.83	52.45	50.73	50.20	1.7637	0.55	6	0.92	0.018	16.86	0.1046	0.2169	1.30	0.644	0.595
5	6	5	56.68	52.73	52.45	51.53	51.05	2.0409	0.84	6	1.14	0.018	20.84	0.0979	0.2101	1.26	0.632	0.722
6	7	8	99.50	54.43	53.67	53.23	52.27	0.4535	0.96	6	1.22	0.018	22.29	0.0203	0.0978	0.59	0.400	0.489
7	8	9	99.50	53.67	52.96	51.87	51.26	0.9574	0.62	6	0.98	0.018	17.81	0.0538	0.1562	0.94	0.529	0.517
8	9	10	95.00	52.96	52.38	50.96	50.48	1.3606	0.50	6	0.88	0.018	16.11	0.0845	0.1955	1.17	0.606	0.535
9	10	11	95.00	52.38	52.06	50.18	49.66	1.8645	0.55	6	0.92	0.018	16.85	0.1107	0.2232	1.34	0.655	0.605
10	12	11	41.51	52.23	52.06	51.03	50.46	2.0661	1.37	6	1.46	0.018	26.61	0.0776	0.1865	1.12	0.562	0.819
11	13	14	99.50	53.99	53.21	52.79	52.01	0.4031	0.78	6	1.10	0.018	20.09	0.0201	0.0972	0.58	0.396	0.436
12	14	15	99.50	53.21	52.58	51.61	50.98	0.9574	0.64	6	0.99	0.018	18.13	0.0528	0.1549	0.93	0.527	0.523
13	15	16	95.00	52.58	51.73	50.58	50.03	1.3606	0.57	6	0.94	0.018	17.18	0.0792	0.1887	1.13	0.593	0.558
14	16	17	95.00	51.73	51.36	49.53	48.96	1.8645	0.60	6	0.96	0.018	17.58	0.1061	0.2185	1.31	0.647	0.623
15	18	19	99.50	53.58	52.83	52.38	51.63	0.4535	0.75	6	1.08	0.018	19.68	0.0230	0.1036	0.62	0.409	0.442
16	19	20	99.50	52.83	51.86	51.23	50.56	0.9574	0.67	6	1.02	0.018	18.60	0.0515	0.1532	0.92	0.523	0.534
17	20	21	95.00	51.86	51.29	50.16	49.59	1.3102	0.60	6	0.96	0.018	17.56	0.0746	0.1828	1.10	0.581	0.560
18	21	22	95.00	51.29	51.05	49.19	48.65	1.8645	0.57	6	0.94	0.018	17.15	0.1087	0.2211	1.33	0.651	0.612
19	23	24	99.50	53.12	52.22	51.92	51.02	0.4283	0.91	6	1.18	0.018	21.61	0.0198	0.0962	0.58	0.390	0.462
20	24	25	99.50	52.22	51.50	50.62	50.00	0.8819	0.62	6	0.98	0.018	17.94	0.0491	0.1500	0.90	0.517	0.509
21	25	26	95.00	51.50	51.00	49.60	49.10	1.0834	0.53	6	0.90	0.018	16.47	0.0658	0.1715	1.03	0.430	0.388
22	26	27	95.00	51.00	50.59	48.70	48.19	1.3354	0.54	6	0.91	0.018	16.64	0.0802	0.1900	1.14	0.595	0.543
23	5	11	41.00	52.45	52.06	49.80	49.56	2.0409	0.59	6	0.96	0.018	17.46	0.1169	0.2295	1.38	0.666	0.637
24	11	17	41.00	52.22	51.36	49.16	48.86	4.1069	0.72	6	1.06	0.018	19.32	0.2126	0.3124	1.87	0.793	0.839
25	17	22	41.00	51.36	51.05	48.46	48.25	5.9714	0.52	6	0.90	0.018	16.37	0.3647	0.4173	2.50	0.920	0.826
26	22	27	41.00	51.05	50.59	47.85	47.59	7.8359	0.63	6	0.99	0.018	18.07	0.4336	0.4600	2.76	0.963	0.954
27	27	PVS-E	75.00	50.59	48.50	47.19	46.75	7.8359	0.59	6	0.95	0.018	17.38	0.4509	0.481	2.89	0.983	0.936

VII : Velocidad a flujo lleno	Qd / QII : Relación Caudal de diseño y Caudal lleno	Vd : Velocidad de diseño	m / s : metros por segundo
All : Área sección completa	d : Tirante de agua	m : metros	m ² : metros cuadrados
QII : Caudal lleno	d / D : Relación Tirante de agua y Diámetro de tubo	lps : litros por segundo	

Figura 22. Diseño alcantarillado sanitario. Elaboración: propia.

4.3. Presupuesto

4.3.1. Estimación de Costos de Materiales.

Tabla 20. Tubería PVC para AP. Elaboración: Propia

TUBERIA PVC PARA AGUA POTABLE	CANTIDAD	U/M	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Tubería de PVC Ø = 3/4" (SDR-26) (No incl. Excavación)	320.12	ML	29.36	9399.14
Tubería de PVC Ø = 1" (SDR-26) (No incl. Excavación)	514.86	ML	36.67	18878.58
Tubería de PVC Ø = 1 1/2" (SDR-26) (No incl. Excavación)	706.79	ML	63.43	44834.66
Tubería de PVC Ø = 2" (SDR-26) (No incl. Excavación)	689.67	ML	88.91	61321.66
Tubería de PVC Ø = 3" (SDR-26) (No incl. Excavación)	282.43	ML	166.33	46976.33
Tubería de PVC Ø = 4" (SDR-26) (No incl. Excavación)	21.26	ML	261.02	5549.22
Tubería de PVC Ø = 6" (SDR-26) (No incl. Excavación)	29.43	ML	536.93	15801.76
			Total C\$	202761.34

Tabla 21. Accesorios para la tubería de Agua Potable. Elaboración: Propia.

ACCESORIOS	CANTIDAD	U/M	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Bloque de reacción de concreto para accesorios menores a 6"	39	C/U	106.11	4138.40
Codo liso de PVC de 3/4" x 90° (SCH40)	1	C/U	30.34	30.34
Codo liso de PVC de 2" x 45° (SCH40)	1	C/U	69.85	69.85
Codo liso de PVC de 2" x 90° (SCH40)	1	C/U	73.61	73.61
Cruz lisa de PVC Ø = 1" x 1"	1	C/U	80.00	80.00
Cruz lisa de PVC Ø = 1 1/2" x 1 1/2"	2	C/U	115.00	230.00
Cruz lisa de PVC Ø = 2" x 2"	1	C/U	157.80	157.80
Reductor liso de PVC Ø = 1" x 3/4" (SCH40)	2	C/U	10.47	20.94
Reductor liso de PVC Ø = 1 1/2" x 3/4" (SCH40)	3	C/U	28.82	86.45
Reductor liso de PVC Ø = 1 1/2" x 1" (SCH40)	3	C/U	28.82	86.45
Reductor liso de PVC Ø = 2" x 1" (SCH40)	1	C/U	32.94	32.94
Reductor liso de PVC Ø = 2" x 1 1/2" (SCH40)	7	C/U	39.54	276.78
Reductor liso de PVC Ø = 3" x 2" (SCH40)	2	C/U	39.54	79.08
Reductor liso de PVC Ø = 4" x 3" (SCH40)	1	C/U	90.17	90.17
Reductor liso de PVC Ø = 6" x 4" (SCH40)	1	C/U	442.80	442.80
Reductor liso de PVC Ø = 4" x 2" (SCH40)	1	C/U	176.28	176.28
Tapon Hembra liso PVC Ø = 3/4" (SCH40)	1	C/U	14.07	14.07
Tapon Hembra liso PVC Ø = 1" (SCH40)	1	C/U	19.06	19.06
Tee lisa de PVC Ø = 3/4" (SCH40)	2	C/U	59.30	118.59
Tee lisa de PVC Ø = 1" (SCH40)	2	C/U	82.06	164.12
Tee lisa de PVC Ø = 2" (SCH40)	1	C/U	312.28	312.28
Tee lisa de PVC Ø = 3" (SCH40)	1	C/U	321.52	321.52
Tee reductora lisa de PVC Ø = 1 1/2" x 1 1/2" x 1" (SCH40)	1	C/U	70.00	70.00
Tee reductora lisa de PVC Ø = 3" x 3" x 2" (SCH40)	1	C/U	311.20	311.20
Valvula de limpieza Ø = 1 1/2" conexión con rosca (No incl. Excavacion)	2	C/U	311.20	622.40
Yee de PVC Ø = 4"	1	C/U	826.75	826.75
			TOTAL C\$	8851.88

Tabla 22. Accesorios de la Sarta. Elaboración: Propia.

ACCESORIOS DE LA SARTA	CANTIDAD	U/M	COSTO UNITARIO	TOTAL
Abrazadera de 4" x 1/2"	2	C/U	4,556.35	9,112.70
Bomba con motor sumergible de	1	C/U	90,000.00	90,000.00
Codo de hierro fundido de 4" x 45°	2	C/U	3,656.87	7,313.73
Codo de hierro fundido de 4" x 90°	1	C/U	3,887.84	3,887.84
Cruz de hierro fundido de 4" x 4"	1	C/U	6,678.22	6,678.22
Manometro de 200 psi	1	C/U	2,815.73	2,815.73
Medidor maestro de hierro fundido con bridas Ø = 4"	1	C/U	8,018.43	8,018.43
Niple de hierro fundido Diam.=4", L=0.60m (Incl. Flange soldable con su kit)	2	C/U	5,789.45	11,578.90
Niple de hierro fundido Diam.=4", L=1.00m (Incl. Flange soldable con su kit)	1	C/U	9,706.74	9,706.74
Niple de hierro fundido Diam.=4", L=1.20m (Incl. Flange soldable con su kit)	1	C/U	14,413.04	14,413.04
Tubería de hierro fundido Ø = 4"	6	ML	2,642.76	15,856.58
Union dresser de hierro fundido Ø = 4"	2	C/U	1,804.35	3,608.70
Valvula de aire de hierro fundido Ø = 1/2" (Rosca Macho)	1	C/U	4,254.94	4,254.94
Valvula de check de hierro fundido Ø = 4" con extremos bridados	1	C/U	14,294.22	14,294.22
Valvula de compuerta de hierro fundido con bridas Ø = 4" (2 c/u)	1	C/U	16,815.13	16,815.13
Valvula de pase con bridas Ø = 4"	1	C/U	10,714.28	10,714.28
Valvula de retencion de hierro fundido con extremos bridados Ø = 4"	1	C/U	14,715.63	14,715.63
			Total C\$	243784.80

Tabla 23. Tanque y sus accesorios (HF). Elaboración: Propia.

ACCESORIOS DEL TANQUE (HF)	CANTIDAD	U/M	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Bloque de reacción de concreto con anclaje para accesorios de tubos	1	C/U	285.93	285.93
Codo de hierro fundido Ø = 4" x 45°	8	C/U	3656.87	29254.94
Codo de hierro fundido Ø = 4" x 90°	2	C/U	3887.84	7775.67
Tanque de Acero Cap= 77000 Glns sobre torre, H=12m	1	C/U	1311084.65	1311084.65
Tee de hierro fundido Ø = 4"	3	C/U	7060.61	21181.82
Tubería de hierro fundido de 4"		ML	2642.76	0.00
Tubería de hierro fundido para rebose-limpieza de 4"		ML	2642.76	0.00
Válvula de compuerta de bronce Ø = 4"	4	C/U	6824.05	27296.20
			Total C\$	1396879.21

Tabla 24. Tanque y sus accesorios (HG). Elaboración: Propia.

ACCESORIOS DEL TANQUE (HG)	CANTIDAD	U/M	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Bloque de reacción de concreto con anclaje para accesorios de tubos	4	C/U	285.93	1143.72
Codo de hierro galvanizado Ø = 4" x 45°	8	C/U	1098.06	8784.50
Codo de hierro galvanizado Ø = 4" x 90°	2	C/U	1076.17	2152.33
Tanque de Acero Cap= 77000 Glns sobre torre, H=12m	1	C/U	1966626.98	1966626.98
Tee de hierro galvanizado Ø = 4"	3	C/U	1101.55	3304.66
Tubería de Hierro Galvanizado de 4"	6	ML	1095.88	6575.28
Válvula de compuerta de bronce Ø = 4"	4	C/U	6824.05	27296.20
			Total C\$	2015883.68

Tabla 25. Tubería PVC para AS y PVS. Elaboración: Propia

TUBERIA PVC PARA ALCANTARILLADO SANITARIO	CANTIDAD	U/M	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Tubería de PVC Ø = 6" (SDR-26) (No incl. Excavación)	2209.24	ML	343.5061	758888.24
			Total C\$	758888.24

ACCESORIOS	CANTIDAD	U/M	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Tapa y aro de resina + fibra de vidrio. Ø=0.60 cm. Para PVS (incluye platina de fijacion y pernos)	27.000	C/U	4368.42	117947.34
PVS Diam=1.20 m h=1.80	15.000	C/U	12000	180000.00
PVS Diam=1.20 m h=2.20	12.000	C/U	14000	168000.00
			Total C\$	465947.34

Tabla 26. Actividades en la etapa de ejecución. Elaboración: Propia.

ACTIVIDADES A REALIZARSE			
1	PRELIMIMARES	CANTIDAD	U/M
	CONSTRUCCION DE CHAMPAS PARA BODEGA Y OFICINA	2	C/U
2	MOVIMIENTO DE TIERRA		
	EXCAVACION (RETRO-EXCAVADORA) EN FORMA DE ZANJA EN TERRENO NATURAL PARA TUBERIAS DE AP Y AS	4300	m3
3	INSTALACION DE TUBERIAS		
	INSTALAR TUBERIAS PVC DE AP CON SUS ACCESORIOS	2564.56	ml
	INSTALAR TUBERIA PVC SANITARIA	2209.24	ml
4	RELLONO Y COMPACTACION		
	RELLENAR ZANJA DE TUBERIAS CON MATERIAL EXCAVADO Y COMPACTAR A NIVEL DE TERRAZA	3800	m3
	BOTAR MATERIAL SOBRANTE EN CAMION PLATAFORMA A 3KM (INCLUYE CARGA MANUAL)	250	m3
5	LIMPIEZA FINAL		
	LIMPIEZA Y ENTREGA DE PROYECTO	1	C/U

4.4. Evaluación de impacto ambiental

MEDIO AMBIENTE

El medio ambiente es un sistema formado por elementos naturales y artificiales que están interrelacionados y que son modificados por la acción humana. Se trata del entorno que condiciona la forma de vida de la sociedad y que incluye valores naturales, sociales y culturales que existen en un lugar y momento determinado.

Los seres vivos, el suelo, el agua, el aire, los objetos físicos fabricados por el hombre y los elementos simbólicos (como las tradiciones, por ejemplo) componen el medio ambiente. La conservación de éste es imprescindible para la vida sostenible de las generaciones actuales y de las venideras.

MEDIO NATURAL

Denominamos medio natural al medio físico en que se interrelacionan toda una serie de elementos (relieve, clima, aguas, vegetación, suelos, fauna y el hombre) en el tiempo y en el espacio.

La concepción de la Naturaleza como una “despensa” de la que podemos ir extrayendo recurso tras recurso olvida que el medio natural se sostiene sobre la idea de la diversidad y de las interrelaciones entre los elementos que la componen. La reducción de esta diversidad hará difícil la supervivencia del medio y la vida de nuestras sociedades. En este sentido, es tan ingenua la concepción de que las actividades económicas son las que permiten vivir a las sociedades en el medio en el que se desarrollan, como la que presupone que son las que permiten obtener beneficios de la explotación de ese medio: las actividades económicas, en nuestro mundo global, se realizan para que obtengan beneficios y no para abastecer a las sociedades, y, por otro lado, los beneficios se obtienen en el mercado. El medio natural es un conjunto de recursos de cuya diversidad depende la vida y el propio desarrollo económico.

Medio socioeconómico

Sistema constituido por estructuras y condiciones sociales, históricas, culturales y económicas de las comunidades humanas.

Factores ambientales

El ambiente y los seres vivos están en una mutua relación: el ambiente influye sobre los seres vivos y éstos influyen sobre el ambiente y sobre otros seres vivos. La forma en que ambos se influyen o condicionan se ha llegado a denominar como factores o condicionantes ambientales o ecológicos.

Impacto Ambiental

Refiere al efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos, en términos más técnicos, podríamos decir que el impacto ambiental es aquella alteración de la línea de base como consecuencia de la acción antrópica o de eventos de tipo natural.

Antes de empezar determinadas obras públicas o proyectos o actividades que pueden producir impactos importantes en el ambiente, la legislación obliga a hacer una Evaluación del Impacto Ambiental que producirán si se llevan a cabo. La finalidad de la EIA es identificar, predecir e interpretar los impactos que esa actividad producirá si es ejecutada. Los pasos a dar para hacer una EIA son:

Evaluación del Impacto Ambiental.

Procedimiento Jurídico-Administrativo cuyo objetivo es la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos.

El principio de la EIA es establecer un equilibrio entre el desarrollo de la actividad humana y el medio ambiente.

Metodologías de Evaluación del Impacto Ambiental.

Para identificar los impactos provocados por el proyecto se utilizó la matriz causa-efecto, donde se establecieron todas las acciones que pueden provocar algún efecto sobre los factores ambientales.

Por las características del proyecto, el cual no es de gran magnitud, se usará el método más común y sencillo conocido como “Análisis del Riesgo Ecológico”.

El formalismo de esta metodología requiere la evaluación de los impactos de todas las emisiones posibles que puedan afectar los potenciales ecológicos. Se distinguen los siguientes potenciales ecológicos o factores ambientales: aire, agua, suelos, especies, salud, población, medio perceptual, patrimonios culturales y medio socioeconómico.

Para identificar mejor los impactos generados por el proyecto tanto en la fase de construcción como en la fase de operación, las evaluaciones son integradas en matrices.

El análisis de riesgo ecológico se basa en la combinación de la situación actual del entorno donde se emplazará el proyecto, con el mismo pronóstico de las afectaciones que el proyecto producirá. La diferencia existente previa y posterior define el riesgo ecológico, el cual nos permite establecer medida que contribuyan a reducir los riesgos o impactos negativos.

Análisis de identificación de impactos ambientales y medidas de mitigación

Primeramente, se identifican en listas separadas, las acciones que se realizarán en las fases de construcción y de operación del proyecto, potencialmente generadoras de impactos.

Posteriormente, se identificarán las relaciones causa-efecto y se describirán los impactos ambientales causados por las acciones a ser desarrolladas en las fases de construcción y de operación del proyecto, obra o actividad. Todo esto se presentará respectivamente en matrices, donde la evaluación del impacto es

hecha de forma descriptiva, indicando sus medidas de mitigación respectivas para minimizar los efectos negativos significativos.

Se mencionan también los impactos positivos que se suscitan respectivamente con la construcción y operación del proyecto.

Identificación, predicción y evaluación de impactos ambientales.

Se identifican las acciones que, debido a la construcción del proyecto de abastecimiento de agua potable y drenaje sanitario, actuarán sobre el medio. Para facilitar la comprensión de este proceso, se dividirán las acciones según las fases del proyecto:

- Fase de construcción
- Fase de operación

Acciones potencialmente generadoras de impactos.

Fase de construcción:

- Preliminares: Construcción de champas.
Instalación de letrinas provisionales.
- Movimiento de tierra: excavación, relleno y compactación (labores manuales)
- Transporte y acopio de materiales.
- Apilamiento de tierra junto a zanjas y casas cercanas a la urbanización.
- Instalación de tuberías PVC.
- Generación de residuos: escombros, tierra sobrante y excreta.
- Generación de fuentes de trabajo.
- Limpieza final.

Fase de operación.

- Generación de mayor volumen de aguas residuales de la población.
- Posibles rupturas de las tuberías.
- Mantenimiento de la red de distribución.
- Mejoramiento en la calidad de vida. (aseo y salud).

Matriz de importancia.

El estudio de impacto ambiental está concebido como una herramienta fundamentalmente analítica de investigación prospectiva de lo que puede ocurrir, por lo que la clasificación de todos los aspectos que lo definen y sobre todo de los impactos (interacción entre la acción del proyecto y los factores del medio) es absolutamente necesaria.

A continuación, se procederá a realizar una valoración cualitativa de los impactos identificados para lo cual se hará uso de una matriz de importancia o matriz cualitativa, cada casilla de cruce en la matriz o elemento tipo, dará una idea del efecto de cada acción impactante sobre el efecto ambiental impactado.

Las casillas de la matriz estarán ocupadas por la valoración correspondiente a siete símbolos que son los siguientes:

Signo

Representa el carácter beneficioso o perjudicial del impacto.

Tabla 27. Signo del impacto. Elaboración: Propia

Signo	Valor
Impacto beneficioso	+1
Impacto perjudicial	-1

Intensidad (I)

Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor ambiental, un valor de 1 expresa una afección baja y un valor 16 expresa una afección total y los valores comprendidos entre estos reflejan situaciones intermedias.

Tabla 28. Intensidad del impacto. Elaboración: Propia.

Intensidad (I)	Valor
Baja	1
Media	2
Alta	4
Muy Alta	8
Total	16

Extensión (E)

Esta referida al área de influencia teórico del impacto con el entorno del proyecto, si la acción produce un efecto muy localizado se considera que el impacto tiene un carácter puntual, si el efecto se produce dentro del entorno del proyecto es impacto total y para situaciones intermedias se utilizara impacto parcial o extenso.

Tabla 29. Extensión del impacto. Elaboración: Propia.

Extensión	Valor
Puntual (menor 5%)	1
Parcial (5 – 50%)	2
Extenso (menor 50%)	4
Total (100%)	8

Tabla 30. Extensión del impacto. Elaboración: Propia.

Momento (M)

Es el de manifestación del impacto y expresa el tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (t_0) y el comienzo del efecto (t_1) sobre el factor considerado.

Tabla 31. Momento del impacto. Elaboración: Propia.

Momento (M)	Valor
Largo plazo (4 años)	1
Medio plazo (1 – 3 años)	2
Inmediato (1 año)	4
Factor 1	

Persistencia (P)

Se refiere al tiempo que permanecerá el efecto a partir de su aparición.

Tabla 32. Persistencia del impacto. Elaboración: Propia.

Persistencia (P)	Valor
Permanencia del efecto	
Fugaz (menor a 1 año)	1
Temporal (1 – 3 años)	2
Pertinaz (4 – 10 años)	4
Permanente (mayor 10 años)	8
Factor 1	

Reversibilidad (R)

Indica la posibilidad de reconstrucción del factor afectado como consecuencia de la acción realizada es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales.

Tabla 33. Reversibilidad del impacto. Elaboración: Propia.

Reversibilidad (R)	Valor
Reconstrucción	
Corto plazo	1
Mediano plazo	2
Largo plazo	4
Irreversible	8
Irrecuperable	20
Factor 1	

Medidas correctoras (MC)

Indica la posibilidad y el momento de introducir acciones o medidas para prevenir, mitigar o corregir los impactos.

Tabla 34. Medidas correctoras del impacto. Elaboración: Propia.

Medidas Correctoras	Valor
En la fase de proyecto	P
En la etapa de construcción	O
En la fase de funcionamiento	F
No existe posibilidad	N

Importancia del impacto

No debe confundirse la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental con la importancia del factor ambiental afectado.

Importancia:

$$I = \pm (3 * I + 2 * E + M + P + R)$$

Impactos ambientales que genera el proyecto durante la construcción y medidas de mitigación

Las acciones producidas por la construcción del proyecto, generan alteraciones ambientales beneficiosas o perjudiciales. Se magnificarán los impactos ambientales beneficiosos o positivos y se reducirán los impactos negativos mediante propuesta de las respectivas medidas de mitigación.

La flora y fauna no ocupa en el análisis, porque no existen áreas verdes intervenidas con el proyecto y no hay animales a ser afectados por la instalación de tuberías en las calles.

A continuación, se presenta la tabla donde se muestran los impactos negativos que ocasionará el desarrollo del proyecto, los cuales se definen como temporales o de duración a corto plazo (menos de 1 año), también conocido como impacto de duración fugaz. También se muestra la que incidencia de estos impactos son irrelevantes en su afectación al medio ambiente.

Tabla 35. Impactos negativos de la obra en fase de construcción (#1). Elaboración: Propia.

ACCIONES IMPACTANTES	IMPACTO AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	MEDIDAS DE MITIGACION
Excavación de zanjas, relleno y compactación, transporte de materiales y limpieza final	Emisión de polvo por excavaciones o zanjeo.	Calidad del Aire	Control de polvos fugitivos, mediante el rociado con agua al material sobrante de excavación, repetir al menos 2 veces al día, haciendo uso de camión cisterna
	Transporte de material sobrante (tierra) a un sitio adecuado	Población y trabajadores	Proveer a los trabajadores sus equipos de trabajo adecuado, como lo son las mascarillas y anteojos de protección.

Tabla 36. Impactos negativos de la obra en fase de construcción (#2). Elaboración: Propia.

ACCIONES IMPACTANTES	IMPACTO AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	MEDIDAS DE MITIGACION
Excavación de zanjas, relleno y compactación, transporte de materiales y limpieza final	Producción de excretas por trabajadores	Calidad del Aire, suelo y aguas subterráneas	Construcción o alquiler de letrinas provisionales herméticamente cerradas.
		Población y trabajadores	Realizar charlas de sensibilización a los trabajadores sobre el uso de las letrinas. Organizar cuadrillas de limpieza posibles focos de enfermedades por excretas expuestas a la intemperie

Tabla 37. Impactos negativos de la obra en fase de construcción (#3). Elaboración: Propia.

ACCIONES IMPACTANTES	IMPACTO AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	MEDIDAS DE MITIGACION
Excavación de zanjas, relleno y compactación, transporte de materiales, instalación de tuberías y limpieza final.	Producción de materiales sobrantes tales como los desperdicios de tuberías y accesorios.	Calidad del suelo	Crear cuadrillas para la recolección del material de desperdicio y depositarlo en los sitios correctos previamente establecidos para la disposición final.

Tabla 38. Impactos negativos de la obra en fase de construcción (#4). Elaboración: Propia.

ACCIONES IMPACTANTES	IMPACTO AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	MEDIDAS DE MITIGACION
Excavación de zanjas, relleno y compactación, transporte de materiales, instalación de tuberías y limpieza final.	Riesgo de accidentes laborales	Seguridad laboral	<p>Se implementará el uso de equipo de protección y seguridad para todos los trabajadores, tales como cascos, guantes, chalecos, anteojos, arnés con extensiones en casos de derrumbe.</p> <p>Acatar todas las instrucciones correspondientes al manual de higiene y seguridad laboral del MITRAB.</p>

Tabla 39. Impacto negativo generado en fase operacional. Elaboración: propia.

ACCIONES IMPACTANTES	IMPACTO AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	MEDIDAS DE MITIGACION
Funcionamiento del Sistema	Afectación en la Red a causa de imperfectos.	Salud de los usuarios	<p>Reparación y restitución inmediata del tramo dañado, así como la desinfección del resto de las tuberías de la red.</p> <p>Control de calidad del agua en la red, esto con cloro residual.</p> <p>Purga de la Red con válvulas de limpieza.</p> <p>Mantenimiento periódico por parte de ENACAL.</p>

Los impactos negativos identificados en la fase de operación del sistema, resultan ser entre irrelevante y moderado en su afectación al medio ambiente, así mismo se presentan o proponen las diferentes medidas de mitigación para prevenir dichos impactos y evitarlos.

Impactos positivos que genera la fase de operación del sistema del proyecto Sistema de abastecimiento de agua potable y drenaje sanitario de la urbanización Monte Bello.

Tabla 40. Impacto positivo generado en fase operacional. Elaboración: propia.

Acciones Impactantes	Impacto Ambiental	Factor Ambiental Beneficiado
Funcionamiento del Sistema	Ofrecer una buena calidad ambiental a toda la urbanización, así como también crear mejores hábitos higiénicos para todos.	Pobladores de la urbanización Monte Bello.
	Aumento en la plusvalía de los lotes de la urbanización.	
	Otorgar los servicios básicos de manera adecuado, cumpliendo todos los parámetros establecidos por la norma.	
	Disminución de la tasa de mortalidad infantil por enfermedades diarreicas agudas.	

Tabla 41. Impacto ambiental en la fase de construcción. Elaboración: propia.

FASE DE CONSTRUCCION							
IMPACTO AMBIENTAL	SIGNO	I	E	M	P	R	VALOR DE IMPORTANCIA
Emisión de polvo por excavación o zanjeo.	-	2	2	4	1	1	16
Producción de excretas por los trabajadores.	-	8	4	4	1	1	38
Producción de materiales sobrantes como tierra, desperdicios de tuberías y accesorios.	-	4	2	4	1	1	22
Riesgos de accidentes laborales.	-	8	4	4	1	1	38
Generación de empleos temporales, profesionales y mano de obra certificada.	+	16	8	4	1		70
RESULTADO DE LA MATRIZ EN FASE DE CONSTRUCCION							- 44

Tabla 42. Impacto ambiental en la fase operacional. Elaboración: propia.

FASE DE OPERACIÓN							
IMPACTO AMBIENTAL	SIGNO	I	E	M	P	R	VALOR DE IMPORTANCIA
Mayor consumo de aguas, por consiguiente aumento en la descarga de aguas servidas.	-	16	8	2	4	2	72
Roturas y filtraciones en la Red.	-	2	1	4	4	2	18
Probable afectación de la calidad bacteriológica del agua de la fuente de abastecimiento.	-	4	2	2	1	2	21
Mejor calidad ambiental de la urbanización, así como también de los hábitos higiénicos.	+	16	4	4	8	20	88
Alta calidad de vida a los usuarios, por medio de todo el sistema hidrosanitario.	+	16	8	4	8	20	96
Plusvalía a toda la urbanización	+	8	8	4	8	20	72
Disminución de la tasa de mortalidad infantil por enfermedades diarreicas	+	4	4	2	4	8	34
RESULTADO DE LA MATRIZ EN FASE DE CONSTRUCCION							+177

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Acorde a la población que se va a beneficiar en el proyecto, se determinó que el sistema a diseñarse se abastecerá de agua subterránea de un pozo existente en el terreno, que cumple con las condiciones para extraer agua y satisfacer la demanda calculada.
2. Por medio del levantamiento topográfico se pudo conocer las ubicaciones ideales para la ubicación del tanque de almacenamiento de agua potable. Mediante las pendientes del terreno se realizó el trazo de las líneas para que ambos sistemas trabajen totalmente por gravedad y escorrentía.
3. Se dimensionaron los elementos de ambas redes, mediante el cálculo de caudales que circularan por el sistema, y se seleccionaron las dimensiones ideales de los elementos a utilizarse.
4. Mediante el uso de softwares (EPANET), se corrieron simulaciones para agua potable en las cuales se iteraron dimensiones de los elementos y se verifico que cumpliera con las normas para presiones y velocidades en nodos y tuberías, respectivamente. En Excel se trabajó con tablas para asignar caudales por tramos y verificar que la pendiente fuera la ideal para mantener las velocidades dentro de lo permisible. Dando como resultado los esquemas finales de ambas redes.
5. Se detalla en los planos las dimensiones, pendientes, accesorios y detalles específicos para cada uno de los sistemas a realizarse en la urbanización Montebello, a fin de que se ejecute de manera correcta y no ocurran problemas en su fase de operación.
6. La evaluación de impacto ambiental arroja como resultado que el proyecto es de beneficio para la población, les brinda calidad de vida a las personas que habitarán la urbanización ya que recibirán agua potable a sus hogares con la calidad establecidas por la norma (Parámetros físico-químicos y funcionamiento del sistema). Se garantiza la salud de los habitantes al brindar un sistema de aguas residuales que drene estas de manera apropiada hacia la red municipal.

5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda de forma previa al inicio de la operación de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario, realizar un entrenamiento riguroso de las personas que sean seleccionadas para trabajar en las labores de operación y mantenimiento del sistema.
2. Ejecutar labores de mantenimiento preventivos periódicamente a la instalación de la estación de bombeo, principalmente a los equipos de bombeo se hacen registros del amperaje que están consumiendo periódicamente.
3. Realizar aplicación de pintura anticorrosiva en el interior y exterior en el tanque de almacenamiento de agua al menos una vez cada cinco años, de igual manera, todas las otras válvulas y accesorios deberán ser pintadas con anticorrosivo y lubricadas con materiales de alta calidad, con la misma frecuencia señalada.
4. Se deben hacer registros periódicos de caudales y presiones en todo el sistema para garantizar el funcionamiento óptimo de la obra.
5. Impulsar charlas a los habitantes sobre el uso adecuado del recurso natural del agua.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Instituto nacional de estadística y desarrollo. (2005) VIII censo de población y IV de vivienda. Nicaragua: INEC.
- Instituto nicaragüense de acueductos y alcantarillados. (1999) Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09 003-99). Nicaragua: INAA
- Instituto nicaragüense de acueductos y alcantarillados. (2005) Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. Nicaragua: INAA
- Instituto nacional de información de desarrollo. (2008) Caracterización Sociodemográfica de Chinandega. Nicaragua: INIDE
- Instituto nacional de información de desarrollo. (2008) Chinandega en cifras. Nicaragua: INIDE
- Sistema nacional de prevención, mitigación y atención a desastres. (2005) Plan de Zonificación Urbana de Chinandega. Nicaragua: SINAPRED
- Organización Mundial de la Salud. (2003) Domestic Water Quantity, Service Level and Health. Suiza: OMS. Recuperado de: http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf?ua=1
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (2013). Guía de Criterios Técnicos para el diseño del Sistema del Alcantarillado Sanitario Condominial. Nicaragua: INAA.
- Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos (2002). Tecnicas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado Sanitario y Pluvial Modificaciones a la Norma NB-688. Bolivia: MVSB-VMBS. Recuperado de : <http://www.ops.org.bo/textocompleto/nac23890.pdf>
- Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (2006). Decreto 76-2006 Sistema de Evaluación Ambiental. Nicaragua: La Gaceta

ANEXOS

ANEXOS

PLANOS